





Vergleichende Untersuchungen

über

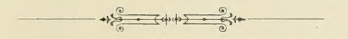
den anatomischen Bau

der

geflügelten Früchte und Samen

von

Dr. Carl von Wahl.



STUTTGART.
Verlag von Erwin Nägele.
1897.

Druck von A. Bonz' Erben in Stuttgart.

Einleitung.

Die Verbreitungsmittel, welche es den Pflanzen ermöglichen, gleich den Tieren ihrer Nachkommenschaft weitere Bezirke zu eröffnen und ein Wandern in entferntere Gebiete zu gestatten, haben schon seit längerer Zeit das Interesse des Naturforschers erregt.

Wir sehen, in der botanischen Litteratur zurückgreifend, schon de Candolle und Darwin, wie auch einige frühere Forscher, dies Gebiet berühren, worauf dann Hildebrand zum erstenmal das reichhaltige Material ordnete und in seiner Abhandlung „Über die Verbreitungsmittel der Pflanzen“ [1]) ausführlich bearbeitete. In derselben führt er in übersichtlicher Darstellung alle Vorkehrungen auf, welche die Natur getroffen hat, um eine möglichst ergiebige Verbreitung der Früchte und Samen zu ermöglichen, sei es durch Wasser, durch Wind, durch Tiere oder auf sonst eine Weise. In allen diesen Einrichtungen sehen wir das Zweckmässigkeitsprinzip obwalten. Auch Nägeli, Sachs, Ascherson und Kerner von Marilaun haben durch Anmerkungen und kurze Mitteilungen Beiträge hiezu geliefert. Als letzte Abhandlung über dieses Thema erschien vor zwei Jahren eine reichhaltige Arbeit von Buchwald mit dem Titel „Die Verbreitungsmittel der Leguminosen“. [2])

Ein besonderes Interesse und vielseitige Anregung boten namentlich für diese Arbeit die Schrift von Dingler: „Über die Bewegung der pflanzlichen Flugorgane,“ [3]) welcher eine Vorarbeit „Über die nach dem Prinzip des Schraubenfliegers eingerichteten Früchte“ [4]) vorausging. Dingler behandelt in diesen Schriften besonders ausführlich die Form der Flugbahnen der Samen und Früchte und die Verzögerung ihres Fallens durch zweckentsprechenden Bau und zweckentsprechende Bewegung. Es leuchtet ein, dass selbst ein schwacher Wind einen langsam zur Erde sinkenden Samen leichter in der Umgebung verbreiten kann, als wenn der Fall schnell senkrecht nach unten erfolgt.

Trotz der vielen Untersuchungen, welche über geflügelte Samen und Früchte angestellt wurden, hat bis jetzt die Anatomie derselben noch keinen Bearbeiter gefunden, obwohl von vornherein zu erwarten steht, dass die Zweckmässigkeit auch im inneren Bau sich geltend machen wird.

---

[1]) Hildebrand. Über die Verbreitungsmittel der Pflanzen.

[2]) J. Buchwald. Die Verbreitungsmittel der Leguminosen. — Inangural-Dissertation 1894.

[3]) Dingler. Über die Bewegung der pflanzlichen Flugorgane.

[4]) Dingler. Über die nach dem Prinzip des Schraubenfliegers eingerichteten Früchte.

Zuerst leuchtet ohne weiteres ein, dass ein grosser Flügel eines Samens oder einer Frucht zugleich leicht und fest sein muss, leicht, um ein schnelles Fallen zu verhindern, fest, um einem Zerreissen durch den Wind vorzubeugen. Da nun die Flügel der Samen ganz anderen morphologischen Ursprungs sind, als die der Früchte, indem sie im ersten Falle aus Integumenten, im zweiten aus Carpellen oder aus Hochblättern hervorgehen, entstand die weitere Frage, mit welchen Mitteln in beiden Fällen die Leichtigkeit und die Festigkeit hergestellt werden. Bekanntlich besitzen die Integumente keine Gefässbündel, während dieselben bei Carpellen stets vorhanden sind; also muss das Baumaterial, aus dem die Flügel bestehen, sehr ungleicher Natur sein, und doch wird derselbe physiologische Zweck angestrebt, und ausserdem die Hauptbedingung, dass die Konstruktion der Flügel vor allem rationell sei, erfüllt. Es schien also von vornherein lohnend, von diesen Gesichtspunkten geleitet eine Untersuchung der Flügelfrüchte und Flügelsamen zu beginnen und dieselbe vergleichend auf alle Typen auszudehnen, die schon Dingler[1]) aufgestellt hat und die in jeder einzelnen Gruppe Formen vereinigen, welche, vermöge ihrer übereinstimmenden Konstruktion, auch beim Fallen ähnliche Bewegungen vollführen. Da zumal mechanische Zellen in fast allen Flügeln reichlich vorhanden sind, war ein gutes Mittel geboten, an deren Lagerung die Zweckmässigkeit des Baues nach mechanischen Prinzipien zu erkennen.

So verschiedenartig auch die einzelnen Einrichtungen sind, kann man im allgemeinen doch stets folgende Faktoren als wirksam bezeichnen. Die oft grossen und zarten Flügel müssen beim Fallen dem vorhandenen Luftdruck genügenden Widerstand bieten können. Da nun der Luftdruck bei den verschiedenen Formen der Bewegung seine Angriffspunkte ändert, so werden wir in jedem einzelnen Falle die für die Inanspruchnahme geforderte zweckmässige Anordnung der Skelettelemente erwarten dürfen. Wir stellen uns demnach die Aufgabe, einen inneren Zusammenhang zwischen der Art der Bewegung und der Anordnung der Skelettelemente, also eine Beziehung zwischen Bau und Funktion nachzuweisen. Da diese Übereinstimmung vorhanden ist, möchte ich schon deshalb in der systematischen Einteilung mich den Dinglerschen Typen anschliessen und so in deren Rahmen den Zusammenhang zwischen Inanspruchnahme und zweckmässiger, mechanischer Konstruktion darthun. Je rationeller die Konstruktionen durchgeführt sind, umso vollkommener wird auch die Leistungsfähigkeit der geflügelten Früchte und Samen sein. Umgekehrt wird man aus der Vollkommenheit der Bewegung auf die Zweckmässigkeit des innern Baues schliessen können. Für die Festigkeit bei möglichst geringem Materialaufwand ist bei denjenigen Flügeln, welche auf Biegung in Anspruch genommen werden, das I Trägerprinzip als zweckmässig angezeigt, und daher sehen wir es nach Möglichkeit bei fast allen Flügelarten, sofern die Dicke des Gebildes es zulässt, durchgeführt, bei den Früchten sowohl als auch bei den Samen. Allerdings geschieht dieses in den verschiedensten Formen. Während die Fruchtflügel bald Gefässbündel mit Bast, bald nur Skelettstränge als Gurtungen verwenden, finden wir bei den Samen andere Einrichtungen wegen des Mangels an Gefässbündeln. Bei vorherrschendem Zug in den Flügeln treten die mechanisch wirksamen Zellen in die Mitte, weil eine solche Lagerung derselben, wie Schwendener bekanntlich dargethan hat, am zweckmässigsten ist. Auch die Einrichtungen gegen Einreissen sehen wir überall da, wo eine Kraft in diesem Sinne einwirkt, vertreten; in den meisten Fällen treten zu dem Zweck zahlreiche Anastomosen der Gefässbündel auf. Dazu kommen noch bei einigen Frucht- und namentlich bei den Samenflügeln verschiedene später aufzuführende Einrichtungen.

---

[1]) Dingler. Über die Bewegung der pflanzlichen Flugorgane. Seite 1.

Die Arbeit wurde im botanischen Institut der Universität zu Berlin ausgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Schwendener für die vielfachen Anregungen und Belehrungen meinen ergebensten Dank abzustatten. Auch Herrn Professer Dr. Engler möchte ich für die Bereitwilligkeit, mit der er mir Untersuchungsmaterial aus dem hiesigen Museum überliess, an dieser Stelle nochmals bestens danken.

Spezieller Teil.

I. Der *Acer*-Typus.

So verschieden auch die Formen der Flügel im Allgemeinen sind, so sehen wir doch einige derselben besonders häufig in den verschiedensten Familien mit überraschend gleichem anatomischem Bau wiederkehren. Dies gilt ganz besonders vom Typus *Acer*. Von allen Früchten und Samen, die unter stark beschleunigter Drehung fallen, scheint dieser die vollkommenste Konstruktion zu repräsentieren; denn nicht nur die Bewegungsvorgänge gelangen zu einer grossen Vollkommenheit und Kompliziertheit, die Leistungsfähigkeit steigt bei denselben nach Dingler bis 2,33, während sie bei andern, wie zum Beispiel bei *Fraxinus*, nur den Grad von 1,38 erreicht,[1]) sondern auch die mechanischen Konstruktionen zeigen eine hohe Stufe der Vollkommenheit und Zweckmässigkeit. Es kann uns deshalb nicht wundern, dass die Verbreitung der geflügelten Samen und Früchte dieses Typus sich schnell über weite Bezirke erstreckt. So kann ein einzelner Baum eines Parkes oft einen grossen Teil desselben mit seiner Nachkommenschaft besiedeln. Die Anordnung der Skelettelemente bei *Acer* erinnert uns gleich auf den ersten Blick an die zweckentsprechenden Einrichtungen bei den Flügeln der Insekten und den kräftigeren, praktisch erprobten Konstruktionen der Windmühlenflügel. Im letzteren Fall ganz besonders ist auch die Inanspruchnahme auf Festigkeit eine ganz ähnliche wie beim *Acer*typus. Wir haben als Kraft den Wind, der auf die Fläche der Flügel wirkt und dieselben, da sie sich zur Angriffsrichtung in schiefer Einstellung befinden, zur Drehung bringt. Auch hier ist die eine Flügelkante gegenüber der andern erheblich stärker, weil sie beim Rotieren dem Luftdruck den meisten Widerstand entgegenzusetzen hat. Diese Flanke giebt dem ganzen Flügel Halt in der Längsrichtung, während der übrige Teil nur schwache Versteifungen besitzt.

Der Vergleich mit *Acer* ist gerechtfertigt, denn im selben Sinne, wie der Wind auf den Mühlenflügel wirkt, wirkt bei den Vertretern des *Acer*typus der Luftwiderstand, welcher der Frucht oder dem Samen beim Fall entgegensteht. Eigentlich wäre es richtiger umgekehrt zu sagen, die Frucht oder der Samen drücke vermöge des Eigengewichtes auf die Luft, indessen ist auch die obige Ausdrucksweise gestattet, da Druck und Gegendruck immer gleich sind. Die Luft wirkt aktiv auf das fallende Gebilde in den Fällen, wo ein aufsteigender Luftstrom vorhanden ist. Dass ein solcher vorkommt, zeigt uns schon eine flüchtige Beobachtung. Die Bäume, die

---

[1]) Die Leistungsfähigkeit wird berechnet aus dem Verhältnis der thatsächlichen Fallgeschwindigkeit zur beobachteten.

im Herbst durch die Hitze der Sonne eine gewisse Menge von Wärme in sich aufgespeichert haben, zeigen besonders am Abend darin einen Unterschied gegen die sie umgebende Luft, die oft um ein erhebliches kühler ist. Tritt man zum Beispiel im Herbst von einer freien Fläche herkommend an eine Nadelholzwaldung, so spürt man ganz deutlich den Temperaturunterschied, da einem ein warmer Hauch entgegenschlägt. Ich habe die Beobachtung machen können, dass leichte Gegenstände, wie z. B. Staub oder Stückchen von Blättern auch bei windstillem Wetter durch diesen Luftstrom in die Höhe getragen wurden. Eine ähnliche Erscheinung kann man in der Stadt im Winter beobachten. Bei windstillem Wetter, wenn es schneit, sieht man die Schneeflocken an den Häusern emporwirbeln, während andere in einiger Entfernung vom Hause ruhig nach unten fallen. Es rührt diese Verschiedenheit von dem starken aufsteigenden Luftstrom her, der sich an den im Vergleich zur Luft wärmeren Wänden bildet. Ein Auftrieb ensteht auch, falls der Wind an einen Waldbestand oder eine Baumgruppe anprallt. Die Flügelfrüchte oder Samen des *Acer*typus sind so gebaut, dass sie beim Fallen durch die Rotation sich fast horizontal einstellen, wodurch dem Luftdruck ein möglichst grosser Widerstand entgegengesetzt wird.

Im folgenden Abschnitt sollen die auch von Dingler zum Teil gebrauchten Bezeichnungen angewandt werden, und zwar für die Seite mit der verdickten Leiste: Schwerkante oder Rückenkante (Fig. 1 R), für die unbelastete: Schmalkante oder Schneide (Fig. 1 S).

Als Beispiel aus der Gattung *Acer* möge die bei uns häufige Art *Acer platanoides* dienen (Fig. 1a). Hier entstehen am Fruchtknoten an zwei gegenüberliegenden Seiten kleine Erhebungen als die ersten Anfänge der jungen Flügel. Ihr Gewebe ist zuerst vollständig gleichmässig meristematisch; bei fortschreitender Entwickelung, etwa bei einer Länge der Flügel von 1 mm, beginnen von der Fruchtknotenwand her in dem Grundgewebe die Gefässbündel sich zu differenzieren. Schon in diesen ersten Anfängen erkennen wir die Zweckmässigkeit der Anordnung im Verlauf der Bündel, nämlich das Parallellaufen an der Rückenkante (Fig. 1a S in der Richtung a b) und das senkrechte Auslaufen auf den Rand (Fig. 1a R in der Richtung c d); auch die an letzterem auftretenden Queranastomosen sind schon angedeutet, so dass die Flügel nur auszuwachsen und in Dauergewebe überzugehen brauchen, um für das Fliegen zweckentsprechend gebaut zu sein. Dass der senkrechte Verlauf der Bündel, wie er eben erwähnt wurde, der einzig zweckentsprechende ist, ist daraus leicht zu ersehen, dass die Skelettelemente bei dieser ihrer Richtung der Krümmung um eine Längsachse am besten widerstehen, denn im ersteren Falle, beim Parallellaufen mit der Rückenkante, stehen sie senkrecht auf der Krümmungsachse cd (Fig. 1a), im zweiten, beim Auslaufen auf die Schmalkante, senkrecht auf der Krümmungsachse ab (Fig. 1a).

Führen wir durch die Rückenkante eines *Acer*flügels im Reifezustande einen Querschnitt, so sehen wir die für die Biegungsfestigkeit nötige Anordnung der Träger. In das lockere Grundgewebe, fast unmittelbar unter der Epidermis eingelagert, liegen die Gefässbündel in einem Kreis angeordnet. Dieselben bilden einen hohlen Träger. Die Gefässbündel besitzen nach aussen wie nach innen einen Bastbelag, von denen der äussere stärker entwickelt ist. Dieselben bilden die festen Pfosten und fungieren im Verein mit den gegenüberliegenden als biegungsfestes System (Fig. 1b a—a′, b—b′, c—c′). Dieselben sind durch ein leichtes, zartes Parenchym verbunden, das um die Gefässbündel herum verdickte Wände zeigt. Von der Stelle an, wo die Gefässbündel senkrecht zum Rande der Schneide ausbiegen, legen sich dieselben, die zuerst in der Rückenkante zu einem Hohlcylinder geordnet waren, in eine Ebene. Die Bastbündel umgeben hier in der Schneide die Mestombündel gleichmässig von allen Seiten und das Grundgewebe besteht aus Schwammparenchym.

Das Skelettgewebe besteht im ganzen Flügel aus echten Bastzellen mit linksschiefen Poren, starker Wandverdickung, zugespitzten Enden und von bedeutender Länge.

Wir sahen, dass die am meisten in Anspruch genommene Rückenkante nach dem Prinzip eines auf Biegung eingerichteten Trägers gebaut ist, während in der Schneide die Gefässbündel wegen der geringeren Inanspruchnahme in einer Ebene gelagert sind.

Ähnlich wie *Acer platanoides* verhalten sich die übrigen Arten der Gattung; ich untersuchte von diesen *Acer pseudoplatanus*, *Acer Thomsoni*, *Acer sacharinum* und *Acer hyrcanum*. Nur die Stärke der Skelettelemente und der schwerere oder leichtere Bau des Parenchyms wechselt, je nach der Grösse der Früchte.

Ganz denselben inneren und merkwürdigerweise auch äusseren Bau wie *Acer* zeigt eine in der Verwandtschaft entfernt stehende, die zu der Familie der *Polygalaceae* gehörige Gattung *Securidaca*. Wir finden, dass hier durch zartere Entwickelung des Parenchyms, das durchweg aus Schwammgewebe besteht, noch mehr für die Leichtigkeit gesorgt ist. Etwas neues bildet nur die Behaarung, die bei geflügelten Früchten selten ist und bei geflügelten Samen wohl gar nicht vorkommt. (Die später zu erwähnenden Angehörigen der *Dipterocarpaceen* entwickeln oft reichlich Haare).

Viele Vertreter findet der *Acer*typus in der Familie der *Malpighiaceae*, die überhaupt einen grossen Reichtum an geflügelten Früchten und zwar aus den verschiedensten Typen aufzuweisen hat. Ich untersuchte von den acer-ähnlichen Früchten *Schwannia*, *Janusia*, *Banisteria*, *Acridocarpus*, *Stigmatophyllum* und *Heteropteris*, alle sehen sich in der Form und der Anatomie ähnlich. Vom äusseren Bau der Früchte wäre hier die Eigentümlichkeit zu erwähnen, dass die Bildung der Rückenkante bei den verschiedenen Arten auf morphologisch ganz entgegengesetzten Seiten auftritt. Bei einem ist es die dem Fruchtstiel abgewandte Seite, die verdickt ist, dann wieder *Acer* entsprechend die zugewandte. Erstere Eigentümlichkeit finden wir bei *Banisteria*, *Acridocarpus*, *Stigmatophyllum*, *Schwannia* und *Janusia*, letztere bei *Heteropteris* vor.

Die mechanischen Konstruktionen weichen auch nur wenig vom Typus *Acer* ab. Wir finden hier in der Rückenkante dieselbe praktische Anordnung der Gurtungen. Nur zeigt sich, dass die Skelettbelege auf der Aussenseite der Gefässbündel viel schwächer entwickelt sind als auf der Innenseite. Sie können aussen mit nur wenigen Zellen angedeutet sein. Die inneren Skelettzellen sind langgestreckt, nicht sehr stark verdickt und besitzen ziemlich schräg gestellte Querwände.

An dieser Stelle sei auch die *Malpighiacee Tetrapteris inaequalis* erwähnt, die unter keinen der später aufzuführenden Typen untergebracht werden kann. Die Frucht von *Tetrapteris* bildet eine einsamige Nuss, die mit vier Seitenflügeln ausgestattet ist, zwei grösseren nebenbeinanderliegenden und zwei kleineren denselben gegenüber; letztere sind ein wenig aufwärts gekehrt und etwas schräg gestellt, wodurch das Gebilde beim Fallen in drehende Bewegung versetzt wird (Fig. 2a). Die Verzögerung ist nicht unbedeutend, denn die Geschwindigkeit beträgt bei ruhigem Fall 3 m in 2 Sekunden, wobei die Frucht sehr schnell rotiert. Die Bewegungen stimmen mit denen von *Acer* überein. Während es jedoch beim ganzen *Acer*typus gleichgültig ist, welche der beiden Flächen der durch das Rotieren horizontal gestellten Frucht nach unten gewandt ist, ist dies bei *Tetrapteris* nicht der Fall. Eine ganz bestimmte, an der Anheftestelle des Stieles gelegene Seite ist beim Fallen dem Boden zugewandt, und so sehen wir, dass das Unten und Oben verschieden in Anspruch genommen wird, die untere Seite mehr auf Zug, die obere mehr auf

Druck. Dies drückt sich auch im anatomischen Bau aus und zwar am ausgeprägtesten ungefähr zwischen dem Samen und den Flügelspitzen. Ein Querschnitt an dieser Stelle (Fig. 2b) zeigt uns auf der Druckseite verhältnismässig kleine Gefässbündel, die bald mehr nach der Epidermis, dann wieder mehr nach der Mitte zu liegen. Die Bastzellen, die den Mestomstrang begleiten, besitzen ein sehr kleines Lumen; sie umgeben letzteren von allen Seiten in nicht zu grosser Anzahl (Fig. 2β). In viel grösserem Masse ist für die Festigkeit auf der andern, also der Zugseite, gesorgt. Hier sind ausser den Bastzellen, die das Mestom umgeben, nach innen und zwischen die Gefässbündel noch verdickte und ein wenig verlängerte Zellen getreten (Fig. 2β). Das Grundgewebe ist von zartem Schwammparenchym gebildet, um dem Flügel die nötige Leichtigkeit zu geben. Queranastomosen sind nur in geringer Zahl am Rand vorhanden.

Auch die Familie der *Leguminosen* liefert dem *Ahorn*typus einige Vertreter. In einigen Fällen entstehen die Flügel als Auswüchse der Hülse, wie bei *Pterolobium Kantuffa* (Fig. 4) und *Pterolobium lacerans*, in andern, wie bei *Myroxylon perniferum*, geht dieselbe vollständig so in den Flügel über, dass nur der vom Stiel am weitesten entfernte Same sich entwickelt und der übrige verkümmerte Teil der Hülse die Rückenkante bildet (Fig. 3). Der Flügel entsteht bei *Myroxylon* durch Auswachsen der Hülse nach beiden Seiten, wenig nach der einen, mehr nach derjenigen, die die Schneide bildet. *Myroxylon* bildet so durch seine Form einen Übergang zum *Fraxinus*-Typus (vergl. Fig. 13a). Ein Querschnitt durch die Rückenkante zeigt in der Mitte einen mit Balsam gefüllten Hohlraum, der von der Hülse herrührt, und um diesen herum die Skelettelemente in der von *Acer* her bekannten Anordnung. In der Schneide ist eine mittlere Skelettlamelle ohne Gefässbündel vorhanden, in der Art, wie sie bei *Pterolobium Kantuffa* bisweilen beschrieben werden sollen. Balsamkanäle durchziehen die ganze Frucht. Leider waren bei dem mir zu Gebote stehenden Exemplar die Gewebe durch Umwandlung in Balsam und Eintrocknen vielfach zerstört, so dass nur der Verlauf der Skelettelemente gut zu erkennen war.

Bei *Pterolobium Kantuffa* (Fig. 4) ist der ganze Flügel als Auswuchs der Hülse zu betrachten, in welcher nur ein Same entwickelt ist. Die Einsamigkeit der Flügelfrüchte kann überhaupt als Regel betrachtet werden, was ja von hohem Wert für die Leichtigkeit ist und nach dem Nützlichkeitsprinzip gefordert werden muss. Die Konstruktion ist bei *Pterolobium* wieder sehr günstig und *Acer* ganz ähnlich. Wir haben eine Rückenkante, in der die Gurtungen zum Kreis geschlossen sind, sie sind jedoch nicht mit Mestomsträngen verbunden, sondern umgeben dieselben, die geschützt in der Mitte im Parenchym angeordnet sind. Der Skelettverlauf ist wieder wie bei *Acer* (Fig. 1a a b) im Rücken demselben parallel gerichtet und nach der Mitte zu (in der Richtung c d) auf dieselbe senkrecht. In der Nähe der Schmalkante jedoch wird der senkrechte Verlauf der Skelettelemente auf dieselbe gestört, indem die Bastzellen, welche in der Schneide in einer Platte angeordnet und nicht von Mestombündeln begleitet sind, sich vielfach bündelweise kreuzen und am äussersten Rande der Schmalkante ausbiegen und demselben parallel verlaufen. Hierdurch wird eine Festigkeit gegen Einreissen erreicht, wie sie bei Textilgeweben zu finden ist, und die sonst beim *Acer*typus meist durch die Queranastomosen der Gefässbündel zustande gebracht wird. Die Skelettelemente bestehen aus echten Bastzellen.

Pterolobium lacerans, eine nahe verwandte Art, besitzt einen Flügel, der zu seiner Festigung auch die mit starken äusseren Bastbelegen versehenen Gefässbündel gebraucht, welche im Rücken die von *Acer* her bekannte Anordnung haben. Es tritt jedoch noch eine Verdickung des inneren Füllgewebes auf, das aus gestrickten Zellen besteht. Diese innere Zellschicht spielt in der

Schneidenpartie die Hauptrolle in der Befestigung, denn die Bastbelege, die die Gefässbündel begleiten, sind sehr schwach entwickelt und bilden nur wenige Anastomosen. Auch biegen diese Gefässbündel, die zu beiden Seiten der mittleren Skelettlamelle liegen, nicht senkrecht zum Schneidenrand aus, wie es in den Fällen des *Acer*typus stattfindet, wo dieselben stark in Anspruch genommen werden. Hier hat also, und namentlich am äussersten Schneidenrande, die mittlere Skelettschicht ganz die Festigungsrolle übernommen, während in der Rückenkante die Gefässbündel einen starken Hohlträger bilden.

Ähnliche Verhältnisse wie die letztgenannten finden wir bei *Serjania lucida (Sapindaceae)* (Fig. 5) und *Hymenocardia (Euphorbiaceae)* (Fig. 6a) wieder. Die Schwerkante wird bei den Früchten beider durch die Stelle gebildet, wo die 3 bezw. 2 Samenfächer der Früchte verwachsen sind (Fig. 5 u. 6). Bei der Reife trennen sie sich an diesen Verwachsungsstellen von einander. Bei *Serjania* entfällt von dieser Anheftungsnaht ¹/₄ (also ungefähr 5—7 mm) auf den Samen, ³/₄ (ca. 14—15 mm) auf den Flügel, während bei *Hymenocardia* die ganze Schwerkante von dem etwas verlängerten Samenfach allein gebildet wird (Fig. 6α).

Bei *Serjania* finden wir auf dem Querschnitt durch den Rücken rechts und links unter der Epidermis mächtige Gruppen von Bastzellen, an deren Innenseite einige Mestomstränge liegen. In der Mitte des Flügels, vom Rücken bis zur Schneide, zieht sich wie bei *Pterolobium lacerans* eine Lamelle verdickter Zellen hin, zu deren beiden Seiten die mit wenig äusserem Bast belegten Mestombündel liegen. Auch hier ist wieder wie bei der letztgenannten Frucht diese mittlere Gewebeschicht diejenige, die zur Festigkeit, und zwar beim Biegen (in der Richtung c d) am meisten beiträgt (Fig. 1a.) Die Zellen dieser Schicht sind langgestreckt, jedoch nicht so stark, wie es bei Bastzellen der Fall ist. Hin und wieder treten links schiefe Poren auf. Im Rücken sind diese Zellen der zentralen Lamelle kürzer als in der Schneide. Am Schneidenrand bilden wiederum die Gefässbündel Queranastomosen.

Bei *Hymenocardia* tritt die in der Mitte liegende Verstärkungslamelle ganz besonders hervor. Dieselbe ist von echten, stark verdickten Bastzellen gebildet. Rechts und links an diese Schicht legen sich, wie bei *Serjania,* die Mestombündel an, die hier sehr klein sind und nicht bis zur Schmalkante reichen, daher auch keine Anastomosen bilden (Fig. 6b). Die Mestombündel sind kaum mit einem Schutzbelag nach aussen versehen und nur von einem dreischichtigen Parenchymgewebe überdeckt, welches vielleicht eine dreischichtige Epidermis bedeutet. Am äusseren Schneidenrande kreuzen sich die Bastzellen der Mittelschicht in Strängen, wie bei *Pterolobium Kantuffa,* und biegen am Rande aus, indem sie demselben parallel laufen und so das Einreissen verhüten; eine Einrichtung, die gewöhnlich auftritt, falls keine Queranastomosen bietende Gefässbündel vorhanden sind. Die Rückenkante wird, wie bereits hervorgehoben, von einem Teil der Samenkapselwand gebildet.

Die Monocotylen haben im Verhältnis zu den Dicotylen wenige Vertreter mit geflügelten Früchten aufzuweisen. Zu diesen wenigen gehört *Rajania cordata* aus der Familie der Dioscoreaceen. *Rajania,* welche zu den Schlingpflanzen zählt, steht in der Bildung der geflügelten Frucht auch in der Familie vereinzelt da, denn ihre übrigen Verwandten bilden Flügel an ihren Samen aus, oder erzielen eine ausgiebigere Verbreitung durch die Kleinheit und Leichtigkeit der Samen. *Rajania* bildet ihre Flügelfrucht durch Umwandlung der Kapsel. Zwei Fächer derselben verkümmern, während die Wand des dritten zum Flügel auswächst, wieder ein Beispiel, dass die Einsamigkeit vom Nützlichkeitsprinzip aus verlangt wird.

Der Flügel, der eigentlich eine Umwandlung eines ganzen Kapselfaches ist, zeigt eine Verdickung aller Teile mit Ausnahme der Epidermis. Im verbreiterten Rücken, mitten im Skelettgewebe, befinden sich zwei oder drei Mestomstränge. Unter diesem läuft ein Hohlraum bis zum Samen hinab und auch in der Schneide treten diese Hohlräume in der Mitte auf, nur sind sie kleiner. Es sind diese Hohlräume offenbar Überbleibsel des Kapselfaches, durch dieselben wird dem sonst schweren Gebilde etwas mehr Leichtigkeit gegeben.

Noch verbreiteter als unter den Früchten sind die Angehörigen des Ahorntypus unter den Samen zu finden, wenn sie sich auch auf weniger Familien beschränken.

Besonders häufig finden wir sie in der Familie der *Abietaceae*. Diese Samenflügel nehmen nach der bisherigen Anschauung unter der Zahl der Flugapparate eine besondere Stellung ein, denn schon von Strasburger und Eichler ist darauf hingewiesen worden, dass hier der flügelartige Anhang des Samens, nicht wie es bei anderen ähnlichen Bildungen der Fall ist, ein Auswuchs der Testa, des Integuments, sei, sondern eine sich von der Fruchtschuppe loslösende Zellschicht. Strasburger sagt über den Flügel in seinem Practicum folgendes[1]): „Der Same reift im Oktober. Er löst sich dann mitsamt dem Flügel leicht von der Fruchtschuppe ab. Der Flügel setzt sich auf der Innenseite des Samens zwischen diesem und der Fruchtschuppe fort; der Same fällt später leicht vom Flügel ab, eine entsprechende Höhlung an demselben zurücklassend.“

Die Untersuchungen, die ich an den Samen einiger Coniferen, wie *Pinus*, *Picea* und *Larix* anstellte, brachten mich jedoch zu einem andern Ergebnis. Erstens fand ich, dass die Angabe Strasburgers in betreff der Lage des Flügels beim Reifezustande nicht den Thatsachen entsprach, denn der untere Teil des Flügels liegt nicht zwischen Same und Fruchtschuppe, sondern überdeckt ersteren und umgreift ihn sogar in einigen Fällen. Immer liegt also der Same zwischen Flügel und Fruchtschuppe und nicht der Flügel zwischen Fruchtschuppe und Same. Ich ging daher, da ich nach der bisherigen Anschauung über die Lage des Samens, eine Überwallung desselben von der Fruchtschuppe oder ein Wachsen des Samens unter den Flügel oder schliesslich ein Eingebettetsein des Samens in das Gewebe der Fruchtschuppe erwartete, bis auf die jüngsten Entwickelungszustände der Samenknospe kurz vor der Befruchtung zurück und fand, dass keine dieser drei Annahmen zutrifft. Vielmehr geht der Flügel, der schon in den jüngsten Stadien sich deutlich von der Fruchtschuppe abhebt, ohne durch Lichtbrechungsvermögen, oder durch Verschiedenheit der Zellen unterschieden zu sein, in das Integument über, wie dies auf dem Längsschnitte leicht zu erkennen ist (Fig. 7a α—β). In den Jugendstadien der Samenknospe, gleich nach der Befruchtung, wenn das Integument sich noch nicht zur Bildung der harten Samenschale verdickt hat, sieht man auf dem Querschnitt durch dieselbe einen Teil der Testa, an der Stelle, wo der spätere Flügel am Samen sitzt, auf der zur Achse gekehrten Seite (Fig. 7a), durch eine schwache Verdickung der Zellen differenziert. Es ist dieses das erste Stadium, in dem der Flügel sich vom Samen unterscheiden lässt. Der Flügel, wie er sich in seiner späteren Ausdehnung darstellt, kann so entstanden gedacht werden, dass der zur Spitze der Fruchtschuppe gewandte Teil des Integuments, der in den ersten Stadien nur eine geringe Länge zeigt (Fig. 7a α), durch nachträgliches Wachstum zusammen mit der Fruchtschuppe die spätere Länge α—β erreicht. Ob die Trennungsschicht im Teil α—β gerade auf der Grenze zwischen Integument und

[1]) „Das botanische Practicum“. Dr. E. Strasburger. 2. Auflage. Seite 485.

Fruchtschuppe stattfindet, mag hier unentschieden bleiben. Das Loslösen des Samens von dem Flügel kommt durch nachträglich eintretendes Verharzen der Zellen der Trennungsschicht zu stande. Durch Austrocknen zur Zeit der Reife verliert das Harz die Klebfähigkeit. Die Stärke der sich ablösenden Zellschicht des Flügels hängt von der Länge desselben ab, und zwar nimmt sie mit seiner Ausdehnung und der Schwere des Samens zu. Bei den bis 34 mm langen Flügeln von *Pinus pinaster* beträgt die Anzahl der Zellen auf dem Querschnitt 7—8, die grösste Zahl, die ich beobachtet habe, während die Samen von *Larix*, deren Flügel nicht 12 mm überschreiten, 1—3 Zellen auf dem Querschnitt besitzen. Das Merkmal, dessentwegen die Abictineen-Samenflügel zum *Acer*typus gestellt werden, besteht in dem flachen Flügel mit einer Schwerkante. Diese letztere kommt dadurch zustande, dass sich die Zelllagen nicht mit gleichmässiger Mächtigkeit von der Fruchtschuppe ablösen, sondern vom Rücken zur Schneide zu abnehmen, so dass an der Schneide der Flügel gewöhnlich in eine Zellfläche übergeht. Auch hat die Rückenkante mehr verdickte Zellen an ihrer Trennungsschicht aufzuweisen, als die übrigen Teile der letzteren (Fig. 8b). Eine Einrichtung, die besonders zur Festigung der Rückenkante beiträgt, kommt bei einigen dadurch zustande, dass dieselbe sich der Länge nach faltet. Diese Falte entsteht erst beim Ablösen des Samens während seines Austrocknens. Durch diese Faltung kommt eine Festigung zustande, wie wir sie bei den reitenden Blättern von *Phormium* und *Iris* finden. Diese Falte findet sich jedoch, soweit ich die Samen untersucht habe, nur bei *Picea excelsa*, *Larix* und *Pinus austriaca* vor, bei den übrigen wird die Rückenkante nur durch die dickeren Zelllagen gebildet. Die Zellen, die hier allgemein zur Festigung des ganzen Flügels verwandt werden, sind gestreckt und verdickt. An der Trennungsschicht finden sich bei einigen Arten besonders stark verdickte Zellen, die den typischen Bastzellen gleichen, da oft noch links schiefe Poren hinzutreten. Bei *Pinus pinaster*, der durch ihre grossen Flügel ausgezeichneten Art, sind die Wände der grösseren inneren Zellen gewellt.

Als spezielles Beispiel mag *Picea excelsa* (Fig. 8a) folgen. Der Flügel von *Picea excelsa* hat durchschnittlich eine Länge von 15 mm. Er überdeckt den Samen und umgreift ihn ein wenig. Der Same liegt zwischen Fruchtschuppe und Flügel. Die Epidermiszellen sind nur wenig gestreckt und verdickt (Fig. 8b). In viel höherem Masse zeigen Verdickungen die Zellen der Trennungsschicht, die, wie zuerst bemerkt, den Bastzellen gleichkommen. Doch nicht überall finden wir, dass die Zellen der Trennungsschicht besonders verdickt sind. Diese Thatsache wäre noch zu erwähnen von *Pinus pinaster* und *Pinus austriaca*. Im wesentlichen ebenso, wie *Picea* gebaut sind fast alle Abictineenflügel, die ich untersuchte.

Eine Einrichtung, die an die Vorkommnisse bei den Früchten erinnert, findet sich bei *Pinus princeps* und *Cedrus* (Fig. 9). Beide besitzen grosse und breite Flügel, die am Rücken aus 7—8 Zellschichten gebildet sind; bei diesen ist der Verlauf der Festigkeitselemente (Fig. 9) am Rücken ein diesem paralleler, worauf sie aber zum Schneidenrande senkrecht ausbiegen. Echte Bastzellen kommen hier, wie bereits erwähnt, nicht vor.

Zu den geflügelten Samen, und zwar zu denen, die den Flügel ohne Zweifel aus den Integumenten hervorgehen lassen, gehört *Hippocratea* (Fig. 10) aus der Familie der *Hippocrateaceae*. *Hippocratea* steht mit den noch zu besprechenden *Cedrelaceen* darin vereinzelt unter den Gattungen mit geflügelten Samen da, dass sie zur Versteifung Gefässbündel verwendet. Zu vermuten steht jedoch, was bei *Hippocratea* bewiesen ist, dass auch bei den *Cedrelaceen* die Gefässbündel zum Bündel des Funiculus in Beziehung stehen. Die Flügelentstehung bei

Hippocratea erklärt leicht das Vorkommen derselben. Ich will hier die Beschreibung Löseners[1]) darüber folgen lassen:

„Nach der Befruchtung, sagt Lösener, entsteht auf der Dorsalseite jedes Faches (des Fruchtknotens) eine transversale Falte (nach aussen), die sich äusserst schnell vergrössert und zu den eigentümlichen flügelartigen Gebilden auswächst. Dieselbe ist von Anfang an hohl, ihr Lumen kommuniziert mit dem Fache des Fruchtknotens. Die Samenanlagen bleiben zunächst noch längere Zeit in dem Fache selbst und lassen die Falte bezw. den Flügel leer bis kurze Zeit vor der Reife. Dann beginnt der Funiculus sich schnell zu verlängern und zu dem flügelartigen Anhängsel auszuwachsen, wodurch die Samen selbst in das Lumen des aus der Falte hervorgegangenen Flügels herausgedrängt werden.“ Die anatomischen Befunde stimmen mit diesem Entstehen überein; gleichzeitig findet jedoch auch ein Längenwachstum des Ovulums in der Art statt, dass die Micropyle zu einem langen Kanal wird, der als solcher die Rückenkante durchläuft (Fig. 10). Die Zellen des Rückens sind nur wenig gestreckt und tragen nicht viel zur Festigung bei, wenn sie auch ziemlich stark verdickt sind. In der Mitte des Samenflügels verläuft das Mestombündel des Funiculus, welches mit dem Rücken zusammen das sonst oft nur aus einer Zellreihe bestehende, übrige, zarte Gewebe ausgebreitet erhält.

In der Familie der *Meliaceen* sind es *Swietenia* und *Cedrela*, die zur Versteifung der Flügel Gefässbündel benutzen. *Swietenia* (Cedrela), *Mahagoni* (Fig. 11) besitzt einen grossen, 40—50 mm langen Flügel von lockerem Gewebe, durch dessen Mitte das einzige Gefässbündel vom eigentlichen Samen ausgehend bis zur Flügelspitze zieht.

Die Epidermis besteht aus Zellen, die etwas verdickt sind, während das innere im ganzen Flügel homogene Gewebe lufthaltigem Schwammgewebe gleicht, nur dass diese Zellen hier bei *Swietenia* im Gegensatz zum Schwammparenchym in Blättern durch Netzverdickungen ausgezeichnet sind. Diese verdickten Zellen bilden im Rücken mehrere Schichten, sind demselben parallel gestreckt und mit kleineren Intercellularen versehen, während sie dem Rande zu eine einzellige Schicht bilden und nach diesem hin mehr gestreckt sind. Über diese grossen schwammigen Zellen ist die einschichtige Epidermis wie ein dünnes Tuch gespannt. Die meisten Einrichtungen scheinen hier auf die Leichtigkeit abzuzielen, denn der Same wird beim geringsten Luftzug durch denselben davongetragen. Gegen Zerreissen setzen die netzförmig verdickten Zellen einigen Widerstand entgegen.

Bei *Cedrela* sind die Verstärkungseinrichtungen bei weitem geringer. Der Flügel ist bis 15 mm lang und sehr brüchig; wir sehen auch das ganze Gewebe fast unverdickt, mit Ausnahme der ein wenig verstärkten Epidermiszellen. Im Rücken sowohl wie in der Flügelfläche schieben sich jedoch einige Mestombündel vor, im Rücken beinahe bis zur Spitze, im übrigen Flügel nicht einmal bis zur Hälfte; dort ist es ein einziges Mestombündel, hier sind es gewöhnlich zwei bis drei vereinzelt den Flügel durchziehende Gefässe oder, richtiger gesagt, Tracheiden. Jedoch auch diese tragen nicht viel zur Festigkeit bei. Am Rücken ist das Gewebe vielschichtig, während es dem Rande zu einreihig wird.

Ausser den hier genannten Samen gehören zum *Acer*typus noch eine grosse Anzahl, die ohne Hilfe von Gefässbündeln ihre Versteifungen herstellen, wie das Angehörige der *Proteaceen*, *Büttneriaceen*, *Caesalpiniaceen*, *Sterculiaceen* und viele andere zeigen. Hier sei noch aus der Familie

[1]) Engler-Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien. Loesener, Hippocrateaceae. Seite 225.

der *Apocyneen Plumeria alba* genannt. Plumeria besitzt einen Flügel, dessen Breite 6—7 mm (Fig. 12a) und dessen Länge 14—15 mm beträgt. Die Flugbewegung dieses Samens kommt dem des *Acer*typus gleich, obschon er keine typische Rückenkante besitzt. Die eine Seite ist nur dadurch mit der Rückenkante zu identifizieren, dass der längliche Same etwas nach dieser Kante hin gerückt ist. Die Oberfläche ist aus etwas gestreckten Zellen von verschiedener Gestalt (Fig. 12b u. c) gebildet, die grosslumig sind und deren Aussenwände starke Netzverdickungen aufweisen. Die inneren wie die radialen Wände sind gleichmässig stark verdickt. In der Mitte zwischen diesen beiderseitigen Zellreihen liegt ein zarteres Gewebe, dessen Zellen stark collabiert waren. In betreff der Oberflächenzellen des reifen Samens bin ich mir nicht ganz klar geworden, ob dieselben nicht einer tieferen Schicht angehören und die eigentlichen Epidermiszellen durch Abreissen fehlen?. (Querschnitt Fig. 12d.)

II. *Fraxinus*-Typus.

Ein Typus, der nur eine geringe Verbreitung gefunden hat, ist derjenige, dem *Fraxinus excelsior* angehört, und dessen Flügelfrüchte von Dingler zu den „länglich plattenförmigen Organen mit einer belasteten Kurzkante" gezählt werden. Als belastete Kurzkante bezeichnet Dingler die Seite, an der der Same gelegen ist (Fig. 13a). Ausser bei *Fraxinus* finden wir ähnliche Formen und Flugbewegungen noch bei *Liriodendron*, dem Tulpenbaum (Magnoliaceae) (Fig. 15a), *Ventilago (Rhamnaceae), Isatis (Cruciferae)* (Fig. 16) und *Plenckia (Celastrineae)*. Auch die Leistungsfähigkeit, die diesem Typus zukommt, ist im Verhältnis zu *Acer* eine geringe und erreicht bei *Liriodendron* mit 1.35 die höchste Stufe. Einige Samen von *Fraxinus excelsior*, besonders *var. pedunculata*, fallen sogar zu Boden ohne jegliche Verzögerung und ohne zum Rotieren zu gelangen. *Fraxinus oxyocarpa* (Fig. 14), *Fr. excelsior* und schliesslich *Fr. excelsior var. pedunculata* verhalten sich demgemäss in ihrer Leistungsfähigkeit sehr verschieden. Bei *Fraxinus oxyocarpa* finden wir eine erhebliche Fallverzögerung, während sie bei der *var. pedunculata* kaum eintritt. Die Festigungseinrichtungen sind dementsprechend verschieden.

Bei *Fraxinus excelsior* und *var. pedunculata* ist das ganze Skelettmaterial in der Mitte in Form einer Platte angeordnet, zu deren beiden Seiten die Gefässbündel liegen. Die letzteren besitzen kaum Bastelemente; dieselben sind bei *Fr. excelsior* in noch etwas stärkerem Masse vorhanden als bei *var. pedunculata*. Ziehen wir von der Spitze des Flügels bis zum Samen eine Linie ($\alpha - \beta$), so finden wir, dass in dieser Zone, die ich die Mittelebene nennen will, beim ganzen Typus die grössten Verstärkungen vertreten sind. Bei *Fraxinus excelsior* liegen in dieser Mittelebene zu beiden Seiten der inneren Skelettlamelle stärkere Gefässbündel, als sie in der Schneide vorhanden sind. Auch weicht an dieser Region die zentrale Skelettlamelle in zwei auseinander und umschliesst einen zentralen Hohlraum, der bis zum Samenfach hinabläuft.

Entsprechend ihrer grösseren Leistungsfähigkeit ist *Fraxinus oxyocarpa* anders gebaut; hier ist der Same leicht und seine Länge fast ebenso gross, wie die des Flügels (28—30 mm), während bei *Fraxinus excelsior var. pedunculata* das Verhältnis der Flügellänge zu der des Samens 8 : 25 mm beträgt. Die Rotationsgrösse ist daher bedeutend gestiegen und deshalb auch die Zweckmässigkeit der Einrichtung in Bezug auf Leichtigkeit und zugleich Festigkeit; die bei *Fraxinus excelsior* zu Tage tretende Verschwendung an Skelettmaterial in der mittleren Festigungslamelle ist durch eine praktischere Anordnung ersetzt. Das Grundgewebe des Flügels ist zart

gebaut, mit Intercellularräumen, während bei *Fraxinus excelsior pedunculata* die starke zentrale Festigungslamelle vorhanden war. Unter der Epidermis angeordnet, einander gegenüber, liegen die Gefässbündel (Fig. 14 b), die hier einzig und allein der Festigung dienen. Zur Mittelebene hin nimmt jedoch auch hier die Verstärkung zu, indem die Gefässbündel stärkere Bastbelege erhalten, jedoch wird auch die Leichtigkeit durch die peripherische Anordnung der Skelettelemente sowie durch das zarte Parenchym nicht ausser Acht gelassen. In der Mittelebene tritt zwischen die beiden einander gegenüberstehenden Gefässbündel, ins Parenchym eingebettet, noch ein drittes, das auf allen Seiten einen gleichmässigen Bastbelag zeigt. Die Gefahr des Einreissens ist hier nicht vorhanden, da die Bündel nicht senkrecht auf den Rand ausstrahlen, sondern demselben fast parallel laufen.

Einige Besonderheiten zeigt der Flügel von *Liriodendron tulipifera* (Fig. 15), obgleich im Prinzip die Festigkeitseinrichtungen dieselben sind. Wie bei *Fraxinus* ist die Mittelebene am meisten verstärkt, ausserdem sind die beiden Schneiden der Flügel fester gebaut, eine Einrichtung, die gegen Einreissen, besonders beim Rotieren, Widerstand leistet. Die zur Achse des Fruchtstandes gewandte Seite ist konkav, während die äussere konvex ist; die letztere ist beim Fall die nach unten gekehrte, also die, welche mehr in Zugspannung sich befindet. Eine Verschiedenheit der Seiten, die bei *Fraxinus* nicht vorhanden war, tritt also auf.

In der Mittelebene, die hier besonders verstärkt ist, finden wir folgende Festigkeitseinrichtungen. Von der Konvex- zur Konkavseite fortschreitend begegnen wir folgenden Verhältnissen: Zuerst eine stärkere Epidermis mit dicker Cuticula, worauf ein Gefässbündel folgt, das einen starken nach der konkaven Seite gekehrten Bastbelag besitzt (Fig. 15 b). Das Mestom grenzt der Mitte zu an einen grösseren Hohlraum, der von einer Scheide verdickter Zellen umgeben ist und nach unten mit der Fruchtknotenhöhlung kommuniziert. Eine Reihe zarter Zellen beginnt von diesem Hohlraum und reicht bis zur Konkavseite. Zu beiden Seiten dieser zarten Zellen, als Gegengurtung zum vorher angeführten Gefässbündel, stehen zwei Gruppen von Bastzellen. In den beiden Schneiden liegen die Gefässbündel nicht in Gurtungen einander gegenüber, sondern in der Mitte. An den Kanten treten zu den längs verlaufenden Gefässbündeln noch Verdickungen der Parenchymzellen hinzu, die hin und wieder unter der Epidermis Sclerenchymzellen ähneln. Durch alle diese Versteifungen erhält der Flügel von *Liriodendron* eine recht ansehnliche Steifigkeit.

Ventilago besitzt eine rundliche Frucht, an welcher der 12—15 mm lange Flügel anhaftet. Der Bau ist ein ähnlicher wie bei *Fraxinus oxyocarpa*. Die Gefässbündel stehen beiderseits unter der Epidermis einander gegenüber, nehmen zur Mittelebene an Stärke zu und sind in derselben am grössten, einen ansehnlichen Mittelnerv bildend. Das Innere des Flügels wird durch ein zartes Gewebe gebildet, mit Ausnahme der Mittelebene, wo auch die Parenchym- und Epidermiszellen verdickt sind. Zum Rande zu sind zur Verhinderung des Einreissens wiederum Anastomosen der Gefässbündel vorhanden; ausserdem befindet sich in der Schneide ein stärkeres Bündel.

Zum *Fraxinus*typus wäre vielleicht noch die Schliessfrucht von *Isatis indigofera* (Fig. 16 a) ihrer Form und des Baues wegen zu rechnen. In den meisten Fällen wird in derselben nur ein Same entwickelt und zwar an der der Befestigungsstelle gegenüberliegenden Seite, also in der Spitze der Frucht. Da die letztere stets flach ist und nicht aufspringt, so gleicht dieselbe einer Flügelfrucht. Auf dem Querschnitt zeigt sich wiederum in der Mittellinie die grösste Festigkeit. Zwischen den hier am stärksten ausgebildeten, unter der Epidermis gelegenen Gefässbündeln be-

findet sich ein Hohlraum, das Fach der Frucht, welches sich zum Samen zu mehr und mehr verbreitert. In seiner unmittelbaren Umgebung bilden die Zellen eine einschichtige Scheide von verdickten Elementen, die nicht gestreckt sind, und ein sehr kleines Lumen aufweisen. An zwei einander gegenüberliegenden Stellen ist diese Scheide unterbrochen (Fig. 16b α u. β), vielleicht ein Überbleibsel aus früheren Zeiten, wo sich die Kapsel noch an diesen Stellen öffnete. Der Hohlraum wird, und dieses ist besonders zum Stiel zu der Fall, oft von einem lockeren Gewebe zarter Zellen erfüllt. In den übrigen Teilen des Flügels stehen die Gefässbündel ebenfalls als Gurtungen einander gegenüber, getrennt durch zartes Parenchym; an den Kanten ist auch hier das Gefässbündel ein wenig stärker.

Wir haben hiermit den *Faxinus*-Typus beendet. Wir sahen, wie namentlich die bezeichnete Mittelebene auffallend stark versteift ist und somit die Hauptstütze für die ganze Frucht bildet. Ausserdem ist dieselbe in ihren andern Teilen bei den günstig gebauten Arten durch doppelt T-förmige Träger hinlänglich gefestigt. Das Einreissen wird hauptsächlich durch das Parallellaufen der Bündel mit der Kante verhindert.

III. *Dipterocarpus*-Typus.

Eine Flügelbildung, die bezüglich ihrer Funktion noch wenig beschrieben und besonders durch ihre Eigenart auffallend ist, hat in der Familie der *Dipterocarpaceae* eine fast durchgehende Verbreitung gefunden. Die Konstruktion ähnelt der eines Federballes. Die Frucht ist eine schwere, im Durchmesser bis über 22 mm grosse Nuss, von der 2—5 lange Flügel nach einer Richtung abgehen (Fig. 17a). Dieselben sind aus den verlängerten Kelchblättern gebildet, die eine Grösse bis zu 20 cm erreichen können, im ganzen etwas gedreht, nach der Spitze zu ein wenig breiter und nach aussen umgebogen sind. Durch die gedrehte Lage wird die Frucht während des Falles in eine rotierende Bewegung versetzt. Durch diese Rotation, die oft eine erhebliche Geschwindigkeit annehmen kann, wird der Fall der Frucht, die sich im übrigen senkrecht zu Boden bewegt, nicht unerheblich verzögert. In 20 Sekunden werden ca. 20 m beim Fall zurückgelegt. Der Fall der Frucht ist, wie eben erwähnt, ein senkrechter. Es ist damit gemeint, dass die Frucht nicht, wie beim *Acer*-Typus, ausser der Rotationsbewegung noch eine Kreisbewegung vollführt. Da die *Dipterocarpaceen*-Bäume von grosser Höhe sind, sollte man meinen, die Früchte würden durch ihr verlangsamtes Herabfallen dem Wind genügend Gelegenheit bieten, die Samen weiter zu verbreiten. Dieses soll jedoch nach Beobachtungen von Brandis nicht der Fall sein. Denn die in grosser Menge produzierten Früchte fallen dicht um den Baum hin, wo sie auch gleich keimen und Wurzel fassen, so dass unter dem alten Stamm ein dichtes Gestrüpp junger Schösslinge entsteht. Beobachten wir beim Fallen der Früchte die Flügel, so werden wir sehen, dass dieselben beim Rotieren stark dem Einreissen ausgesetzt sind. Deshalb treten am ganzen Gebilde häufig Queranastomosen auf. Im übrigen ist der Flügel, seinem Ursprung gemäss, ähnlich gebaut, wie für gewöhnlich die grünen Kelchblätter, und zeigt keine wesentliche Umänderung des inneren Baues zu Gunsten seiner Eigenschaft als Flügel. Die beiden Seiten, die Oberseite und die Unterseite, sind oft ein wenig verschieden gebaut, was ja gewöhnlich auch bei anderen Blättern der Fall ist. Vielleicht beruht jedoch diese Verschiedenheit zum Teil auch auf der verschiedenen Inanspruchnahme der beiden Flächen, und zwar der Oberseite mehr auf Druck, der unteren mehr auf Zug.

Dipterocarpus trinervis besitzt grosse und schwere Früchte, deren Flügel eine Länge von 25 cm erreichen und eine derbe, lederartige Konsistenz besitzen. Nur drei Kelchblätter bleiben kurz, während die andern zu den mächtigen Flügeln heranwachsen. Den Flügel durchziehen drei Hauptnerven der ganzen Länge nach, zum Rande Ausläufer mit vielen Queranastomosen entsendend. Auf der äusseren Seite, die der Unterseite der Kelchblätter entspricht, treten die Nerven scharf hervor; auf der Oberseite dagegen sind sie breiter und flach.

Ein Querschnitt zeigt uns folgende Anordnung. Das Parenchym ist nicht auffallend zart und von etwas gestreckten Zellen gebildet, durch deren Mitte die Gefässbündel ziehen. Nach eben dieser Seite hin ist das Gefässbündel verbreitert, während es zur Unterseite ein wenig verschmälert ist. Im Bast eingebettet verlaufen zwei Kanäle, von denen der der Oberseite genäherte vom Mestom herrührt. Vielleicht hat der andere den gleichen Ursprung. Ich konnte jedoch denselben wegen Mangel an Material nicht entwicklungsgeschichtlich untersuchen. Die Skelettzellen, die den Hohlraum umgeben, sind typische Bastelemente mit starker Verdickung.

Bei *Dryobalanops camphora*, ebenfalls einer *Dipterocapace*, finden wir fast dieselben Verhältnisse wieder. Die Flügel sind hier nicht so gross; sie erreichen eine Länge von 30—60 mm. Die länglich zugespitzte Nuss ist noch grösser und schwerer. Die anatomischen Merkmale erinnern ebenfalls sehr an *Dipterocarpus*. Das Mestom ist allseitig von Bast umgeben. An der Unterseite desselben liegt ein grosser Harzkanal. Das Gefässbündel ist nach der Oberseite hin ebenfalls verbreitert, und das Skelettmaterial besteht aus echten Bastzellen. Anastomosen der Gefässbündel sind auch hier reichlich vorhanden.

So wie die aufgeführten Vertreter sind fast alle *Dipterocarpaceen* gebaut, fast immer finden wir einen Unterschied zwischen Ober- und Unterseite wieder. Etwas abweichend verhält sich *Monotes (Dipterocarpaceen)*. Der Fruchtknoten ist hier oberständig und wird von den Flügeln umfasst, die eine mehr ausgebreitete Lage haben, als die vorigen. Die Verzögerung ist daher eine noch grössere. Der innere Bau ist jedoch im wesentlichen von den vorigen kaum abweichend. Ebenso verhalten sich die zur selben Familie gehörigen Früchte *Hopea selanica* (Fig. 17) und *Vatica lancana*, die im übrigen noch mehr sich *Dryobalanops* anschliessen.

Ausser diesen interessanten Früchten der *Dipterocarpaceen* existieren noch aus anderen Familien ganz ähnliche Flügelbildungen. So weisen die *Polygonaceen* zwei Vertreter auf: *Calycopteris floribunda* (Fig. 18) und *Triplaris Poeppigniana*. Diese Arten sind im Äusseren den vorhergehenden sehr ähnlich. Sie besitzen drei Flügel, die jedoch aus der Blütenhülle entwickelt werden. Die Früchte sind sehr leicht gebaut und mit vielen, oft langen Haaren besetzt. *Calycopteris* legt 3 m in 3 Sekunden zurück, nicht selten jedoch ist die Verzögerung eine noch grössere. Ihre Frucht ist auch sehr klein, die Flügellänge beträgt 20 mm. Hier haben die Aussen- und Innenseite nur geringe Verschiedenheiten, die Gefässbündel, die in der Mitte des Gewebes angeordnet sind, zeigen auf der Aussenseite einen etwas stärkeren Bastbeleg. Hin und wieder sind die Zellen des Parenchyms um das Gefässbündel ebenfalls etwas verstärkt. Das übrige Parenchym ist ausserordentlich zart und lufthaltig gebaut, wodurch sich die grosse Leichtigkeit der Frucht erklärt.

Ganz denselben inneren Bau wie *Calycopteris* besitzt *Triplaris*. Die Frucht ist nur um einiges grösser; die Flügel erreichen die Länge von 50 mm. Zu dieser Art der Flügelbildung gehört ferner noch eine *Combretacee*, *Gyrocarpus* (Fig. 19). Die Flügel derselben, zwei an der Zahl, sind über 50 mm lang und verbreitern sich nach der Spitze zu; auch sind sie, um mehr Widerstand der Luft entgegenzusetzen, wie die Flügel der Dipterocarpaceen, etwas nach aussen

gebogen. Hierdurch, wie durch eine etwas gedrehte Lage (Fig. 19), gerät das Gebild beim Fallen in schnelle Rotation, die den schweren und sehr grossen Samen in seinem Fall wesentlich hemmt. Die Flügel werden von parallel laufenden Gefässbündeln durchzogen, die zugleich dem Rande parallel ziehen und daher Anastomosen unnütz machen; dieselben treten daher auch nicht auf. Aussen- und Innenseite sind in Bezug auf ihre Anatomie nicht oder kaum verschieden. Die Gefässbündel, die allseitig von Bast umlagert sind, liegen in der Mitte des Flügelgewebes. Eine Eigentümlichkeit, die sich besonders hier bemerkbar macht, aber auch bei den *Dipterocarpaceen* vertreten ist, kommt dadurch zustande, dass die Flügel zur Spitze verbreitert und infolgedessen schwerer sind als an der Basis. Letzteres ist besonders auffallend bei *Gyrocarpus asiaticus.* Wird nun durch die schiefe Einstellung der Flügel eine Rotation eingeleitet, so breiten sich durch die Zentrifugalkraft die an den Enden schweren Gebilde auseinander, wodurch sie der von unten wirkenden Luft eine viel grössere Angriffsfläche darbieten. Das Divergieren der Flügel bei starker Rotation beträgt ca. 120—140°.

IV. *Halesia*-Typus.

Zu den Früchten, deren Fallbewegung nach Dingler unter beschleunigter Drehung erfolgt, gehört noch der 8. Typus dieses Autors mit den Vertretern *Halesia* (Fig. 20) und *Combretum.* Ihre Leistungsfähigkeit ist keine grosse und bei einigen Früchten und Arten von *Halesia*, speziell *tetraptera,* fällt die Frucht ohne Verzögerung zu Boden. Die Form der Gebilde zeigt je nach der Art auf dem Querschnitt einen 3-, 4- oder 5 strahligen Stern, dessen Arme von den Flügeln gebildet werden, die, wie die Figur zeigt, radial von der Frucht abstehen. Beim Fall wirkt der Luftdruck auf die nach unten gekehrte Hälfte der Frucht, dabei also auf die Schneiden der Flügel, während durch das gleichzeitige Rotieren die Luft senkrecht auf die Fläche der Flügel drückt. Diesen beiden Druckrichtungen mussten sich also die Festigkeitseinrichtungen anpassen.

Bei *Combretum* finden wir folgende Thatsachen. Führen wir einen Schnitt, der den Flügel tangential trifft (Fig. 21 a α—β), so stellt sich uns das Gewebe so dar (Fig. 21 b), dass wir beiderseits eine etwas verdickte Epidermis vor uns haben, während das Parenchym von lockerer Beschaffenheit ist. In dieses eingelagert finden wir nur Bastzellen; Gefässbündel fehlen vollständig in den Flügeln. Die Bastzellen liegen nahe der Epidermis in Schichten geordnet, dieselben durchsetzen in der Flächenansicht den Flügel von der Ansatzstelle bis zum Rande. Diese einander gegenüberliegenden Platten bieten den erforderlichen Widerstand gegen den auf die Fläche des Flügels wirkenden Druck, der bei *Combretum* vorzugsweise in Betracht kommt. Ausser diesen am Rande, nahe der Epidermis, angeordneten Platten durchziehen das Parenchym noch Stränge von Bastzellen in derselben Richtung wie die ersteren (Fig. 21 b). Wie dieselben unter den gegebenen Umständen beansprucht werden, will ich dahingestellt sein lassen. Besondere Schutzeinrichtungen gegen Zerreissen kommen bei *Combretum* nicht vor. Die Skelettmaterialien bestehen aus echten Bastzellen, während das Parenchym leicht gebaut ist. Mit viel geringeren, nicht so weit abstehenden Flügeln sind *Halesia tetraptera* und *Halesia stenocarpa* ausgestattet, auch sind ihre Samen gross und schwer. Daher durchfliegen einige Früchte derselben 3,3 m in der Sekunde, während sie bei *Combretum* viel längere Zeit hierzu gebrauchten. Das Fallen ist also bei *Halesia* noch schneller und der Druck auf die Fläche des Flügels ist wegen der fast mangelnden

Rotation kaum vorhanden. *Halesia* ist daher wegen seiner wenig typischen Flugbewegung zum Studium nicht sehr geeignet. Das Gewebe des Flügels besteht aus nicht sehr zartem Parenchym. Längs dem Rande zieht sich vom Stiel bis zur Spitze der Frucht ein einziges Gefässbündel, welches allseitig von Bast umgeben ist. Dasselbe bildet einen guten Schutz gegen Einreissen; vielleicht auch bietet es dem Flügel einigen Halt gegen den von unten her wirkenden Luftdruck.

V. *Ulmus*-Typus.

Die folgenden Früchte werden von Dingler zu einer besonderen Abteilung gezählt, da sie nicht wie die vorhergenannten und noch zu nennenden Angehörigen des IV. und X. Typus beim Fall rotieren. Es ist dies der Typus der scheibenförmigen Flugorgane mit bikonvexem Samen in der Mitte. Derselbe hat nicht gerade viele Vertreter, da ihre Fallbewegung keine sehr ausgebildete ist, sondern sehr unregelmässig verläuft. Trotzdem befinden sich in den Flügeln viele Verstärkungen in Form von Gefässbündeln, die das Gebilde versteifen, besonders fallen die vielen Queranastomosen auf. Es scheint also wiederum eine besondere Festigung gegen Einreissen nötig zu sein. Verfolgen wir nun das Fallen der Früchte, so werden wir finden, dass sie nicht ruhig ihre Bahn beschreiben, sondern unregelmässig hin und herflattern. Einige Anforderung wird damit gewiss an die Festigkeit gegen Einreissen gestellt. Ich will jedoch hiermit nicht behaupten, dass die öfters sehr starken Anastomosen allein den genannten Zweck hätten. Ich untersuchte aus diesem Typus *Pterocarpus*, *Ptelea* (Fig. 23) und *Ulmus*. Als Beispiel möge hier *Pterocarpus abyssinicus* (Fig. 22a), eine *Leguminose* dienen. *Pterocarpus abyssinicus* hat eine 28 mm lange und eine etwa ebenso breite Frucht, die flach gedrückt ist, der Flügel bildet einen Rand von 7—8 mm. Es fällt die vorher erwähnte grosse Anzahl der Queranastomosen auf, die jedoch bei *Ulmus* und *Ptelea* in noch höherem Masse entwickelt werden. Führt man einen Querschnitt in der Nähe des Samens, so findet man hier die bekannte Anordnung für Biegungsfestigkeit. Die Gurtungen, die aus Bündeln mit stärkerem äusseren Bastbelag bestehen, liegen einander gegenüber (Fig. 22b). Die Mitte wird durch etwas verdicktes Schwammgewebe angefüllt, das zwischen den Gurtungen eine Verbindung bildet. Über den Gefässbündeln ist die Epidermis zweireihig. Zum Rande zu legen sich die Bündel in eine Ebene.

Etwas anders als die vorhergenannten vollführt *Paliurus* seine Flugbewegung. Das ganze Gebilde ist sehr leicht gebaut und zeigt mehr ruhige Bewegungen, indem es sich etwas dreht. Wir sehen daher die Queranastomosen sehr zurücktreten. Zum Teil sind dieselben auch deshalb nicht so notwendig, weil die Frucht nicht so dünne Flügel besitzt, wie zum Beispiel *Ulmus* oder *Ptelea*. Die Gefässbündel strahlen allseitig vom Samen senkrecht auf den Rand aus, der ein wenig auf und abgewellt ist, eine Erscheinung, die wohl auf die Drehung ihren Einfluss hat. Die Gefässbündel sind auch hier in der Nähe des Samens in Trägerform angeordnet. Zunächst dem Rande legen sie sich wieder in eine Ebene.

VI. *Bignoniaceen*-Typus.

Der V., IX. und XI. Typus nach Dingler, die länglich platten- und scheibenförmigen Organe, erheben einen besonderen Anspruch auf Interesse, da ihre Vertreter hauptsächlich aus grossgeflügelten Samen bestehen, die bei der Herstellung ihrer Festigkeit ohne Gefässbündel

und für gewöhnlich auch ohne eigentliche Bastzellen operieren und daher andere Konstruktionen erstreben müssen. Am meisten finden wir unter den hierher gehörigen Samen solche von *Bignoniaceen*, die durch die Grösse und Zartheit ihrer Flügel auffallen. Bei den grösseren Formen der *Bignoniaceen*-Samen, wie *Pithecium* und *Calosanthes*, die zu den scheibenförmigen Flugorganen gehören, finden wir überaus ruhige Bewegungen. Die Samen durchziehen in grossen Kreisen, Raubvögeln vergleichbar, die Luft. Es ist stets die eine Breitseite, zu der der eigentliche Same ein wenig hingerückt ist, beim Fluge nach unten gekehrt. Die kleineren Samen von länglicher Gestalt, wie zum Beispiel diejenigen von *Bignonia*, *Catalpa* und *Tecoma*, senken sich schnell rotierend langsam zu Boden, indem sie ausser der Rotationsbewegung, ähnlich wie *acer*, noch kleine Kreisbewegungen vollführen.

Die Verstärkungseinrichtungen müssen so beschaffen sein, dass sie vor allem der Wirkung zweier Kräfte Widerstand leisten, dem von unten wirkenden Druck, der den Flügel auf Biegungsfestigkeit in Anspruch nimmt, und anderseits der das Zerreissen der zarten, am Rande nur einzelligen Gebilde anstrebenden Kraft. Am einfachsten sind die Verhältnisse bei *Bignonia discolor*, *Distictes* und *Anemopaegma*.

Bignonia discolor (Fig. 24 a) besitzt einen länglich plattenförmigen Flügel mit in der Mitte gelegenem Samen. Die Untersuchung zeigt uns eine grosse Länge der Zellen, die verdickt erscheinen, aber breite Endigungen besitzen (Fig. 24 c). Mehr dem Samen zu ist die anfangs einzellige Schicht doppelt; dann tritt weiterhin ein zartes Flügelgewebe dazwischen, dessen Zellen einen anderen Verlauf besitzen, als die Reihen der Oberhautzellen, die sie gewöhnlich kreuzen. Diese Einrichtung, sowie das Ausbiegen der Zellen am Rande, bildet die nötige Festigung gegen Einreissen. In der Nähe des Samens sind diese Verstärkungen zum Schutz des Nucellus in noch höherem Masse vorhanden. Die Zellzüge beschreiben hier die verschiedensten Wege und verlaufen am Rande denselben parallel. Die Einrichtungen für die Biegungsfestigkeit wird man genauer erst auf dem Querschnitt gewahr. Schneidet man ungefähr in der Mitte zwischen Samen und Flügelrand senkrecht zum Verlauf der Oberhautzellen, so hat man im Zentrum eine Lage von zarten Zellen, zu beiden Seiten begrenzt von einer Lage stärkerer, die den mechanisch wirksamen Teil ausmachen; es sind nämlich sämtliche zur Oberfläche senkrechten Wände stark verdickt (Fig. 24 b). Oft zeigen diese Radialwände im Querschnitt die Form eines Herzens oder einer Spindel. Diese Radialverdickungen stellen die Gurtungen dar, die sich mit den gegenüberliegenden zu den notwendigen, doppelt T-förmigen Trägern kombinieren. Hierdurch kommt eine Einrichtung zustande, die trotz grosser Leichtigkeit doch den mechanischen Anforderungen genügt. Dieselbe sehen wir daher häufig wiederkehren, nicht nur in der Familie der *Bignoniaceen*, sondern in ähnlicher Weise auch bei einer *Apocynee*, *Aspidosperma* (Seite 18). Ganz ebenso wie *Bignonia discolor* sind, wie erwähnt, *Distictes* (Fig. 25 a), *Anemopaegma* und *Pithecium* (Fig. 27) eingerichtet, etwas abweichend verhält sich dagegen *Tecoma ochracea* (Fig. 28). Gehen wir bei letzterer vom Rande des Flügels zum Samen, so finden wir zuerst nur eine Lage langgestreckter Zellen, die stellenweise nach dem Lumen vorspringende, oft netzig verbundene Leisten zeigen. Diese Leisten treten besonders an den Enden der Zellen auf. In der Mitte zwischen Samen und Rand erscheint die zweite Lage, die sich mit sehr verbreiterten Enden auflegt; hier beginnen auch die Leistenverdickungen allen Zellen eigen zu sein. Weiter zum Samen hin tritt zwischen den beiden Schichten wiederum eine dritte auf, welche ebenfalls die erwähnten Verstärkungen, die hier Netzverdickungen gleichen, besitzt, und deren Zellen ausserdem in anderer Richtung verlaufen.

Ähnlich wie *Tecoma ochracea* ist auch *Tecoma stans* eingerichtet; auch kann *Iacaranda obovata* hierhergestellt werden.

Einige Abweichungen von den vorigen zeigt noch *Bignonia unguis.* Der Flügelrand, soweit er einzellig ist, weist dieselben Verhältnisse auf wie *Bignonia discolor.* Die Zellen sind hier langgestreckt, besitzen mehr verdickte Radialwände und biegen am Rande ein wenig seitlich aus. Mehr dem Samen zu, wo schon zwei Zellschichten aufgetreten sind, nehmen einige der Oberhautzellen einen bastähnlichen Charakter an. Sie zeigen eine starke, allseitige Verdickung, weisen linksschiefe Poren auf und sind an ihren Enden zugespitzt. Zum Samen hin verschwinden die Zellen, die nur Radialverdickungen zeigen, und an deren Stelle treten die Bastzellen häufiger auf, bis sie in der Umgebung des Nucellus vollständig das Gewebe der Oberhaut bilden.

Bei *Catalpa* (Fig. 29) finden wir nicht nur die oberste Zellschicht mit verdickten Radialwänden versehen, sondern auch die 2—3 darunter liegenden. Ausserdem sind hier und da auch die zur Oberfläche parallelen Wände in derselben Weise verdickt. Ähnliche Radialverdickungen, die sich in mehreren Reihen finden (Fig. 30c), begegnen uns auch bei *Calosanthes indica* (Fig. 30λ—σ), einer sehr gross geflügelten *Bignoniacee.* Ihr Samenflügel zeichnet sich durch eine andere Eigentümlichkeit aus. Stellenweise sehen wir die Wände der langgestreckten Zellen der Mittellamelle auseinanderweichen (Fig. 30), so dass sie lange Ketten von linsenförmigen Hohlräumen bilden, und uns das Gewebe, von der Fläche gesehen, wie ein Sieb durchlöchert erscheint. Die Hohlräume der einen Wand wechseln mit den der ihr gegenüberliegenden ab; durch dieselben wird die zuerst im Querschnitt runde Zelle seitlich komprimiert, wodurch die Radialwände verlängert werden. Ausser den Radialverdickungen besitzt *Calosanthes* noch Spiral- und Netzversteifungen (Fig. 30d).

Wie schon vorher erwähnt, finden sich bei *Aspidosperma* (Fig. 32a), einer *Apocinee* mit ebenfalls scheibenförmigem Flugorgane, einige ähnliche Verhältnisse. Der Samen ist 24—25 mm gross und vollständig plattgedrückt; er besitzt allseitig einen 14—15 mm breiten Flügel, in dessen Mitte sich der grosse Funiculus befindet. Schon makroskopisch ist zu ersehen, dass die mechanischen Zellen radial angeordnet sind, d. h. in ihrem Verlauf allseitig vom Samen senkrecht zum Rande ausstrahlen. Vorrichtungen gegen Einreissen sind hier nicht vorhanden, weshalb der Flügel sich leicht einschlitzen lässt, was jedoch die Bewegung nicht hindert. Untersuchen wir den Flügel mikroskopisch, so sehen wir auf der Flächenansicht grosse, fast viereckige Zellen vor uns. Dieselben sind jedoch in Reihen angeordnet (Fig. 32c), deren Verlauf vom Samen senkrecht auf den Rand gerichtet ist. Es handelt sich hier offenbar um langgestreckte Mutterzellen, die erst später durch Teilung zu den viereckigen Tochterzellen wurden. Leider war es mir jedoch nicht möglich, dieselben im Entstehen zu verfolgen. Die Mutterzellen, wenn man eine Zellreihe als solche betrachtet, haben zugespitzte Enden. Die Tochterzellen für sich besitzen eigentümliche Gestalt, über die ich mir nicht ganz klar geworden bin. Sie haben sehr zarte Aussen- und Radialwände und stark verdickte Innenwände, die von grossen Poren durchsetzt sind (Fig. 32b). Ein Querschnitt durch diese hintere Wand ruft den Eindruck hervor, als ob auf derselben eine Unzahl kleiner Säulchen stünde, die eine ähnliche Form haben wie die Radialwände der *Bignoniaceen.* Der Tangentialschnitt bietet dasselbe Bild. Unter dieser Zellschicht mit verdickter Rückenwand folgen ein oder zwei Reihen von langgestreckten Zellen, welche Netzverdickungen aufweisen und viel engere Lumina besitzen. Das Mittelgewebe ist zart und reisst deshalb leicht ringsum auf, so dass der Nucellus wie zwischen zwei aufeinandergelegten Tellern herausfällt.

Ob dieser Vorgang auch in der Natur von statten geht, hat von mir nicht untersucht werden können.

Zu den Flugapparaten von länglich plattenförmiger Gestalt mit einer belasteten Längskante, zu denen auch die Samen von *Calosanthes indica* und *Pithecium* gehören, zählt auch die *Cucurbitacee Zannonia javonica* (Fig. 31). Dieselbe besitzt einen überaus zarten und sehr grossen Flügel, so dass das ganze Gebilde 110 mm misst. Trotzdem tritt hier gerade der merkwürdige Fall ein, dass, ungeachtet der enormen Grösse des Flügels, durchaus keine auffallenden Verstärkungen vorhanden sind, vielmehr Zellen, die nach der Mitte hin zwar gestreckt sind (Fig. 31 a), aber ein grosses Lumen und dünne Wände aufweisen. Zum Rande hin sind die Zellen nicht gestreckt und fast noch zarter. Allerdings ist der Flügel sehr zerreissbar und der untere, am Nucellus gelegene Teil, der bei Trockenheit dem Druck einigen Widerstand entgegensetzt, verliert bei Feuchtigeit sofort jeden Halt. Taucht man den ganzen Samen in Wasser, so sinkt der Flügel gleich zusammen, wie dies zum Beispiel bei einer befeuchteten Oblate der Fall ist. Eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dass der Flügel, trotz seiner geringen Verdickung, seinem Zweck entspricht, mag darin liegen, dass der Same gleich dem von *Calosanthes* sehr ruhige kreisende Bewegungen vollführt.

Hier mag die von Dingler nicht erwähnte Frucht *Welwitschia mirabilis* beschrieben werden, die ihrer Form nach am besten zu den letztgenannten Typen passt (Fig. 33). *Welwitschia mirabilis* ist ebenso, wie im Bau des Stammes und der Blätter, auch in der Bildung des Fruchtflügels eine merkwürdige Pflanze. Untersuchungen über die Anatomie sind am ausführlichsten von de Bary gemacht worden, der die Verhältnisse im Stamm genau beschrieben hat. Wie die Verbreitung der geflügelten Frucht durch die Luft von statten geht, scheint bisher nirgends beschrieben zu sein. Da mir nur Herbarmaterial zu Gebote stand und ich des Reifestadiums nicht sicher war, so konnte ich nicht entscheiden, ob die Frucht mit der Hüllschuppe (Fig. 33 b) in Verbindung bleibt und mit derselben zusammen einen komplizierten Fallapparat bildet, oder ob der Flügel allein seine Dienste leistet. An den mir zu Gebote stehenden Exemplaren hingen Frucht und Hüllschuppe fest durch Gefässbündel zusammen, obgleich der Same reif zu sein schien. Auch könnte die Zartheit der Hüllschuppe, die sehr leicht und an einigen Stellen durchsichtig ist und hier im Bau dem Samenflügel gleicht, mich leicht zur Überzeugung bringen, dass dieselbe als Flugapparat der Frucht behilflich ist. Im übrigen ist der Flügel der Frucht allein auch genügend, um zur Verbreitung beizutragen, da die Pflanze in baumloser Gegend lebt, wo die Winde nicht gebrochen werden, und somit unbehindert den Samen forttragen können.

Der Fruchtflügel wird nach der gegenwärtigen Meinung der Autoren aus zwei verwachsenen Blütenhüllblättern gebildet, die in ihrer Mitte die Frucht mit einem einzigen länglich runden Samen einschliessen. Das für die Festigkeit des Flugapparats wichtige Gewebe zeigt beim ersten Anblick ein wirres Durcheinander von stark verdickten porenlosen Zellen (Fig. 33 c), die besonders durch ihre Länge auffallen. Ich habe im Flügel keine Enden dieser Zellen finden können. Sie wachsen in ihrer Richtung senkrecht zum Rande, wenn sie jedoch ein Hindernis erfahren, so biegen sich die Enden um, wachsen ein Stück zurück, um dann wieder zur Peripherie umzukehren. Am Rande nehmen sie eine demselben parallele Richtung ein, indem sie sich dicht aneinanderlegen und verwachsen, wobei die Zellen kaum ihre Individualität bewahren. Bei näherer Beobachtung entdeckt man ausser diesem Gewebe zartwandiges Parenchym, in welches die vorher genannten Zellen eingelagert zu sein scheinen. Das Gewebe war jedoch zum Teil durch Aus-

trocknen und wegen seiner Zartheit zerstört, so dass es sich der genaueren Untersuchung entzog. Im Gewebe der Hüllschuppe, wo die langgestreckten Zellen in geringerer Zahl vorhanden sind, tritt das Parenchym wieder zu Tage (Fig. 33d). Auch die Epidermiszellen im Flügel sind kaum sichtbar. Im trocknen Zustande sind die langen verdickten Zellen, welche die Hauptmasse des Flügelgewebes ausmachen und von de Bary Sclerenchymfasern genannt werden, gegen Zug ausserordentlich widerstandsfähig. De Bary hat die betreffenden Zellen im Stamm untersucht, wo sie in derselben Form vorkommen. Bei Hinzutritt von Feuchtigkeit quellen die Zellen fast bis zum Verschwinden ihres Lumens und büssen ein wenig an Widerstandskraft gegen Zug ein. Oft habe ich bei den betreffenden Zellen seitliche Auswüchse beobachtet, die bis 5 μ lang werden.

Führt man einen Querschnitt durch den Flügel, so findet man hier wieder die bekannte Anordnung. Die Schicht unter der Epidermis wird beiderseits durch ein inniges Geflecht von den vorhin bezeichneten langgestreckten Zellen gebildet. Nach der Mitte zu ist das Gewebe viel lockerer, die Zellen sind grösser und haben ein weiteres Lumen. Gegen Einreissen schützt die Einrichtung, die vorher erwähnt wurde, dass nämlich die Zellen am Rande ausbiegen und denselben parallel laufen, ausserdem dicht gelagert sind.

Hier sollen nachträglich zwei geflügelte Früchte beschrieben werden, die auch zum Typus der länglich plattenförmigen Organe gehören. *Entada abyssinica* (Fig. 34) und *Terminalia modesta* (Fig. 35).

Entada abyssinica gehört zu den *Leguminosen* und hat daher eine Hülse. Es wird jedoch hier nicht die ganze Frucht zur Bildung des Flügels verwandt, auch wächst nicht ein Teil desselben zu einem Anhangsgebilde aus, sondern der Same löst sich mit dem Endocarp von der Hülse los, indem von letzterem ein derber, länglich viereckiger Flügel gebildet wird. In der Mitte der Frucht liegt der rundliche Same, zu dem von der einen Schmalseite her das ernährende Gefässbündel führt. Wegen der Schwere des Samens wie auch des Flügels ist die Leistungsfähigkeit von *Entada* eine sehr geringe und wird die Dauer des Falls von Dingler bei 3 m Höhe auf 1,9 Sekunden angegeben. Der Flügel von *Entada* ist sehr starr, alle Zellen sind starr verdickt mit Ausnahme der ursprünglichen Epidermiszellen der Innenseite der Hülse, die die Verwachsungsnaht beider Endocarphälften bilden, und die nach vollendeter Flugleistung des Gebildes auseinanderweichen und den Samen aus seinem Gehäuse entlassen. Bei *Entada abyssinica* ist besonders die äussere Zellage des Endocarps verdickt (Fig. 34b) und läuft der Flügelrichtung parallel. Die Länge der Zellen erreicht fast die von Bastzellen, sie weisen nur selten und dann nur wenig schief gestellte Poren auf. Jedesmal an den Stellen, unter welchen sich der Same befindet, sind die langgestreckten Zellen gefächert, und wir sehen, vielleicht als Schutzmittel für den Samen, Kalkkristalle auftreten. Hierdurch wird eine harte Kapsel um den Samen gebildet. Die nach innen zu gelegenen Zellzüge kreuzen die äusseren, wodurch eine gewisse Zugfestigkeit nach verschiedenen Richtungen hergestellt wird. *Entada Sundaica*, deren Same noch grösser ist, als der der vorhergehenden Art, weist dieselbe Starrheit des Flügels auf. Die Leistungsfähigkeit ist jedoch eine noch geringere.

Terminalia modesta (Fig. 35), zu den *Combretaceen* gehörig, hat eine 44 mm lange und 18 bis 21 mm breite Flügelfrucht. Der etwas längliche Same ist zentral gelegen. Das Gewebe wird auch hier hauptsächlich auf Biegungsfestigkeit in Anspruch genommen. Als mechanisch wirksame Elemente sind zwei Platten vorhanden, bestehend aus langgestreckten echten Bastzellen, zwischen denen sich lockeres Parenchym befindet. Von innen angelegt an die Bastplatten befinden sich

die Gefässbündel (Fig. 35 b) und über dem genannten Gewebe zieht sich eine grosszellige mehrreihige Epidermis hin.

Zum Schluss seien hier noch einige Einrichtungen für die Verbreitung durch den Wind angeführt, die es auf zwei Arten dem Samen ermöglichen, den Standort seiner Mutterpflanze zu verlassen und daher Erwähnung verdienen. Hierher gehören *Lunaria rediviva (Cruciferae)*, *Dioscorea japonica*, wie *Testudinaria silvatica (Dioscoreae)* und *Anchictea salutaris (Violacaceae)*. Bei den eben genannten Pflanzen bilden sich die Früchte oder Teile derselben so aus, dass sie gute Angriffsflächen dem Winde bieten. Trocknet nun beim Reifen der Kapsel oder Schote dieselbe, wie auch der Fruchtstiel aus, wodurch sie an Dehnbarkeit verlieren, so erhalten die Gebilde eine grosse Starrheit. Durch den Wind werden diese Organe, die verschiedene Formen annehmen können, hin und her bewegt. Durch diese Schleuderbewegung werden die Samen aus den Kapseln oder, wie bei *Lunaria*, von der Scheidewand, an der sie haften, abgeworfen. Nun tritt die zweite Einrichtung, die Beflügelung der Samen, in Funktion. Dieselbe ist oft nicht sehr bedeutend, denn es wird nur ein schmaler, 1—3 mm breiter Rand gebildet; er genügt jedoch, um für die in die Luft geschleuderten, flachen und leichten Samen einen langsameren Fall und ein Forttragen durch den Wind zu bewirken. Die erste Einrichtung des Schleuderns kommt auch dadurch zustande, dass Tiere die starren Pflanzen streifen und in die nötige Bewegung versetzen.

Bei *Lunaria* (Fig. 36) ist die Frucht eine Schote, die beiden Klappen derselben lösen sich ab und es bleibt die seidenhelle Scheidewand übrig, an deren Fläche die Samen angeheftet sind, die bei den verschiedenen Arten verschieden grosse Flügel besitzen. Der Hauptverbreitungsapparat ist hier die Scheidewand, die einen guten Fangschirm für Winde und einen guten Schleuderapparat im Verein mit der starren Pflanze bildet. Dieselbe ist auch durch grosse Festigkeit ausgezeichnet, da sie hauptsächlich aus einem Gewebe von Bastzellen besteht und gegen Einreissen durch die randläufigen Gefässbündel reichlich geschützt ist. Die Flügel der plattgedrückten Samen zeigen nur geringe Verdickung der länglichen Zellen.

Ähnlich als Windfang eingerichtet ist die Kapsel mancher *Dioscoreen* (Fig. 37 u. 38). Die einzelnen Fächer ragen, wie die Flügel von *Halesia* und *Combretum*, in die Luft hinein. Öffnet sich die Kapsel bei Wind, so entlässt sie in derselben Weise wie *Lunaria* den mehr oder weniger beflügelten Samen. Hier haben die Flügelapparate allerdings eine schon höhere Vollkommenheit erlangt. So erreicht z. B. bei *Testudinaria sylvatica* (Fig. 37 b) das Gebilde eine Länge von 15 mm, indem es eine an den *Acer*typus erinnernde Form annimmt. Die Zellen sind langgestreckt und genügen so dem Anspruch auf Festigkeit bei dem grösseren Luftwiderstand. *Dioscorea japonica* (Fig. 38) besitzt eine ähnliche, aus drei Fächern gebildete Kapsel; der Same ist jedoch nur wenig und ringsum gleich breit geflügelt. Die Zellen des Flügels sind nur wenig gestreckt.

Ein Rückblick auf die Skelettanordnung in den angeführten Flugapparaten zeigt, dass auch im Reich der geflügelten Samen und Früchte die Festigkeitsgesetze, wie sie zuerst im „mechanischen Prinzip" von Schwendener aufgestellt und entwickelt wurden, in vollem Masse zur Geltung kommen. Wo eine bemerkenswerte Kraft an den Flügel herantritt, sei es Zug, Druck oder die das Einreissen bewirkende, überall wird derselben Genüge geleistet, indem die nötigen

Festigungen auftreten. Man muss sich natürlich hierbei an die typischen Flügel halten, in Fällen, wo, wie bei *Halesia tetraptera*, die Leistungsfähigkeit beim Fluge eine geringe ist, tritt auch die Zweckmässigkeit der Konstruktion nicht so augenscheinlich hervor. In allen Fällen der Inanspruchnahme haben wir die Kräfte, die eine biegungsfeste Konstruktion verlangen, wirken sehn. Daher trat auch die hiefür zweckmässigste Anordnung der festen Stränge, die der doppelt T-förmigen Träger, am häufigsten auf. Hier ist besonders zu bemerken, dass sowohl Früchte wie Samen diese zweckmässigen Konstruktionen benutzen, wenn auch mit verschiedenen Mitteln. Bei den Früchten sehen wir in den meisten Fällen, dass zur Festigung Gefässbündel verwendet werden, die kräftige Gurtungen bilden. Hin und wieder, wie bei *Pterolobium* und *Rajania*, treten bloss Gruppen und Platten von Bastzellen als Festigungen auf. Bei den Samen finden wir keine oder nur in Ausnahmefällen, wo der Funiculus bei der Bildung des Flügels beteiligt erscheint, Gefässbündel, dagegen werden Oberhautzellen in geeigneter Form, sei es durch Verdickung der Radialwände oder durch Netzverstärkungen und Leisten, umgeändert, um auch hier das Prinzip der doppelt T-förmigen Träger zur Geltung zu bringen.

Die Konstruktionen der Früchte sind infolge der Verwendung von Gefässbündeln natürlich viel fester, jedoch immer entsprechend der Leistungsfähigkeit auch leicht gebaut. Die Anordnung der doppelt T-förmigen Träger ist in den typischen Fällen stets von der Inanspruchnahme abhängig. Bald ordnen sich die Gurtungen in einen Kreis, wie dies bei der Rückenkante des *Acer*typus der Fall war, da dieselben von mehreren Seiten in Anspruch genommen werden, oder sie stellen, wenn der Druck von unten oder oben wirkt, sich in zwei Reihen, die sich gegenüberliegen, wie dies in den plattenförmigen Organen der Fall ist. Beispiele: *Fraxinus oxyocarpa*, *Ptelea* *Pterocarpus* und die Samen der *Bignoniaceen*. Wenn jedoch die verschiedenen Seiten ungleich in Anspruch genommen werden, wie dies bei *Tetrapteris inaequalis* der Fall war, die eine Seite mehr auf Zug, die andre mehr auf Druck, je nachdem dieselben beim Fall stets nach unten oder stets nach oben gewandt sind, so ist auch die Anordnung der Gewebe eine verschiedene. Wir sahen in solchen Fällen die Skelettteile verschieden angeordnet und in verschiedener Stärke auf den beiden Seiten auftreten. Der Längsverlauf der Träger ist immer senkrecht auf den Rand und die Biegungsachse gestellt. So sahen wir im *Acer*typus, wie die Gefässbündel, aus dem Rücken kommend, in der Schneide rechtwinklig zum Rande umbogen. Auch bei allen andern Früchten gilt das senkrechte Ausstrahlen der festigenden Elemente nach dem Rande und rechtwinklig zur Biegungsachse als Regel. Beispiele sind alle *Bignoniaceen*, *Aspidosperma* und *Welwitschia*. Bei den langgestreckten Flügeln von *Fraxinus* und *Liriodendron* kreuzt die Krümmungsachse die Längsrichtung der Frucht. Wir finden daher auch die Skelettelemente senkrecht zur ersteren gerichtet. Die zentrale Anordnung der Gefässbündel, wie wir sie beim *Dipterocarpus*typus vorfanden, mag zum Teil vom vorherrschenden Zug herrühren, dem die Flügel beim Fall ausgesetzt sind, wozu bei *Gyrocarpus* noch der merkliche Zug durch die Zentrifugalkraft hinzukommt. Bei *Fraxinus excelsior var. pedunculata*, wo der Fall ein sehr schneller war und der Flügel seinen Zweck verfehlte, rückte das mechanische Gewebe in die Mitte, während beim Flügel von *Fraxinus oxyocarpa*, deren Frucht unter lebhafter Rotation und daher langsamer zu Boden fällt, die Gefässbündel in gegenüberliegenden Gurtungen angeordnet sind. Hier sieht man, wie sehr die äusseren Kräfte auf die Anordnung der Skelettteile einwirken.

Gegen Einreissen treten die verschiedensten Einrichtungen auf. Am häufigsten kamen bei den Früchten Gefässbündel in Anwendung, die dann durch mehr oder weniger reichliche Queranas-

tomosen die erforderlichen Verstärkungen bildeten. Diese Einrichtungen trafen wir am häufigsten um *Acer*typus an, wo die ganze Schmalkante in den meisten Fällen auf diese Weise gefestigt war. Der Typus, den *Ptelea* und *Ulmus* vertreten, war ebenfalls durch reichliche Anastomosenbildung ausgezeichnet. Auch durch das Parallellaufen der Gefässbündel mit dem Rande wird ein Schutz gegen Einreissen geboten, eine Einrichtung, die wir beim *Fraxinus*- und *Dipterocarpus*typus allgemein vorfinden. In andern Fällen waren es nur Skelettzellen, die den nötigen Schutz boten; so sahen wir bei *Pterolobium Kantuffa* die an den Rand tretenden Bastzellen sich in Zügen kreuzen und schliesslich ausbiegend demselben parallel laufen, wodurch ein grosser Widerstand gegen Einreissen hergestellt wird. Auch die *Bignoniaceen* bilden dadurch ihre Festigkeit gegen Einreissen, dass ihre Zellen am Rande ausbiegen. In der Nähe des Samens, wo das Gewebe mehrschichtig ist, wird noch ein Schutz geboten durch den geschlängelten Verlauf der Zellenzüge, die oft dem Rande parallel laufen und erst nach der Peripherie zu die senkrechte Richtung zum Rand einschlagen. Häufig kommt, wie bemerkt, ein abweichender Verlauf der innern Zellenzüge im Vergleich zu den äussern hinzu. *Welwitschia mirabilis* lässt ihre langen mechanisch wirksamen Zellen auch am Rande demselben parallellaufen.

Die Elemente, die zur Festigung der Flügel dienen, sind bei den Früchten grösstenteils, wie schon vorher erwähnt, Gefässbündel mit echten Bastzellen; es kommen jedoch zur Festigung auch vielfach Zellen zur Verwendung, die nicht zum Bast zu zählen sind, jedoch durch ihre Länge und Festigkeit doch zur Versteifung beitragen. Solche Zellen finden wir in der Skelettlamelle von *Fraxinus excelsior var. pedunculata*. Bei den *Bignoniaceen* werden die verschiedensten Zellen verwandt, deren mannigfache Formen schon oben beschrieben wurden. Einzig in ihrer Art und mit einem besonderen Namen zu belegen sind die eigentümlichen Zellen von *Welwitschia*, welche die Samenflügel versteifen.

Um nun bei den genannten Versteifungseinrichtungen, die doch zugleich eine Erhöhung des Eigengewichtes mit sich bringen, auch der Leichtigkeit Geltung zu verschaffen, ist in den meisten Fällen das Parenchym äusserst zart und locker, aus grossmaschigem, luftreichem Schwammgewebe gebildet. Die Konstruktion der doppeltT-förmigen Träger ist jedenfalls bei ihrer grossen Festigkeit zugleich eine äusserst praktische Einrichtung, schon wegen der Materialersparniss und der dadurch erzielten Leichtigkeit, indem die Verbindungen der Gurtungen sehr wohl aus zartem Gewebe gebildet sein können. Auch treten in manchen Fällen grössere Lufträume auf, wie bei *Rajania cordata*, *Isatis indigofera*, *Fraxinus excelsior* und *Liriodendron tulipifera*, zum Teil Hohlräume, die aus den Fächern der Kapseln und Schoten hervorgingen und hier praktisch verwandt sind.

Jedenfalls geht in allen Fällen Leistungsfähigkeit mit zweckmässiger Konstruktion des mechanischen Systems und der Leichtigkeit Hand in Hand, indem beide in allen Punkten einer strengen Gesetzmässigkeit unterliegen.

Tafel I.

Fig. 1 a. Flügelfrucht von *Acer platanoides.* b. Querschnitt durch den Rücken derselben.
„ 2 a. *Tetrapteris inaequalis.* b. Querschnitt durch den Flügel.
„ 3. *Myroxylon perniferum.*
„ 4. *Pterolobium Kantuffa.*
„ 5. *Serjania lucida.*
„ 6 a. *Hymenocordia.* b. Querschnitt durch den Flügel.
„ 7 a. Längsschnitt durch ein junges Fruchtblatt mit Sa. von *Pinus.* Region α—β am stärksten im Wachstum begriffen.
7 b. Querschnitt durch d. junge Fruchtblatt. (7 a u. b. schematisch.)
„ 8 a. Same von *Picea excelsa.* b. Querschnitt durch den Flügel.
„ 9. Same von *Cedrus.*
„ 10. Same von *Hippocratea.*
„ 11. *Swietenia Mahagoni.*

Tafel II.

Fig. 12 a. *Plumeria alba.* b. u. c. Flächenansicht. d. Querschnitt.
„ 13 a. Frucht von *Fraxinus excelsior (var. pedunculata).* b. Querschnitt durch den Flügel.
„ 14 a. Frucht von *Fraxinus oxyocarpa.* b. Querschnitt durch deren Flügel (schematisch).
„ 15 a. Frucht von *Liriodendron tulipifera.* b. Querschnitt durch den Flügel (schematisch).
„ 16 a. Frucht von *Isatis indigofera.* b. Querschnitt durch den Flügel (schematisch).
„ 17 a. *Hopea selanica.* b. Querschnitt durch den Flügel (schematisch).
„ 18. *Calycopteris floribunda.*
„ 19. *Gyrocarpus.*

Tafel III.

Fig. 20. *Halesia tetraptera.*
„ 21 a. *Combretum.* b. Querschnitt durch den Flügel.
„ 22 a. *Pterocarpus abyssinicus.* b. Querschnitt durch den Flügel.
„ 23. *Ptelea trifoliota.*
„ 24 a. *Bignonia discolor,* Same. b. Querschnitt durch den Flügel. c. Flächenansicht desselben.
„ 25 a. *Distictes,* Same. b. Querschnitt durch den Flügel.
„ 26 a. *Anemopaegma.* b. Flächenansicht des Flügels. c. Querschnitt durch denselben.

Tafel IV.

Fig. 27. *Pithecium*, Same.
" 28. *Tecoma ochracea.*
" 29. *Catalpa.*
" 30 a. *Calosanthes indica.* b. Flächenansicht am Rande. c. Querschnitt durch den Flügel. d. Flächenansicht zum Nucellus hin.
" 31 a. *Zannonia javonica*, Same. b. Flächenansicht, α. in feuchtem, β. in trockenem Zustande.
" 32 a. *Aspidosperma*, Same. b. Querschnitt durch den Flügel (nur die eine Seite ist gezeichnet). c. Flächenansicht.

Tafel V.

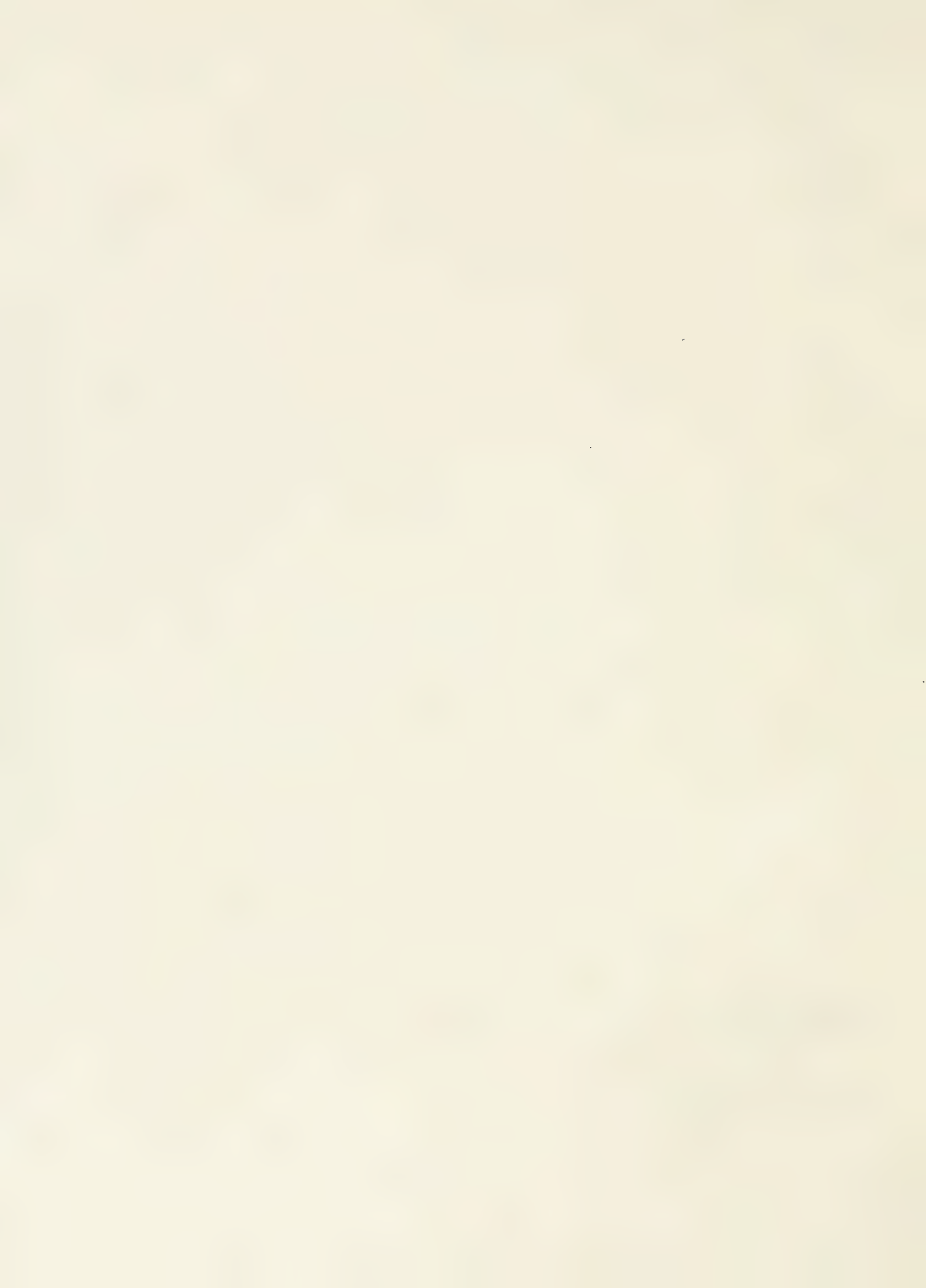
Fig. 33 a. *Welwitschia mirabilis*, Frucht. b. Hüllschuppe. c. Flächenansicht des Flügels. d. Querschnitt durch die Hüllschuppe.
" 34 a. *Entada abyssinica*, Frucht. b. Querschnitt des Flügels.
" 35 a. *Ferminalia modesta*, Frucht. b. Querschnitt des Flügels.
" 36. *Lunaria.*
" 37 a. *Testudinaria silvatica*, Kapsel. b. Same.
" 38 a u. b. *Dioscorea japonica*, Kapsel. c. Same.

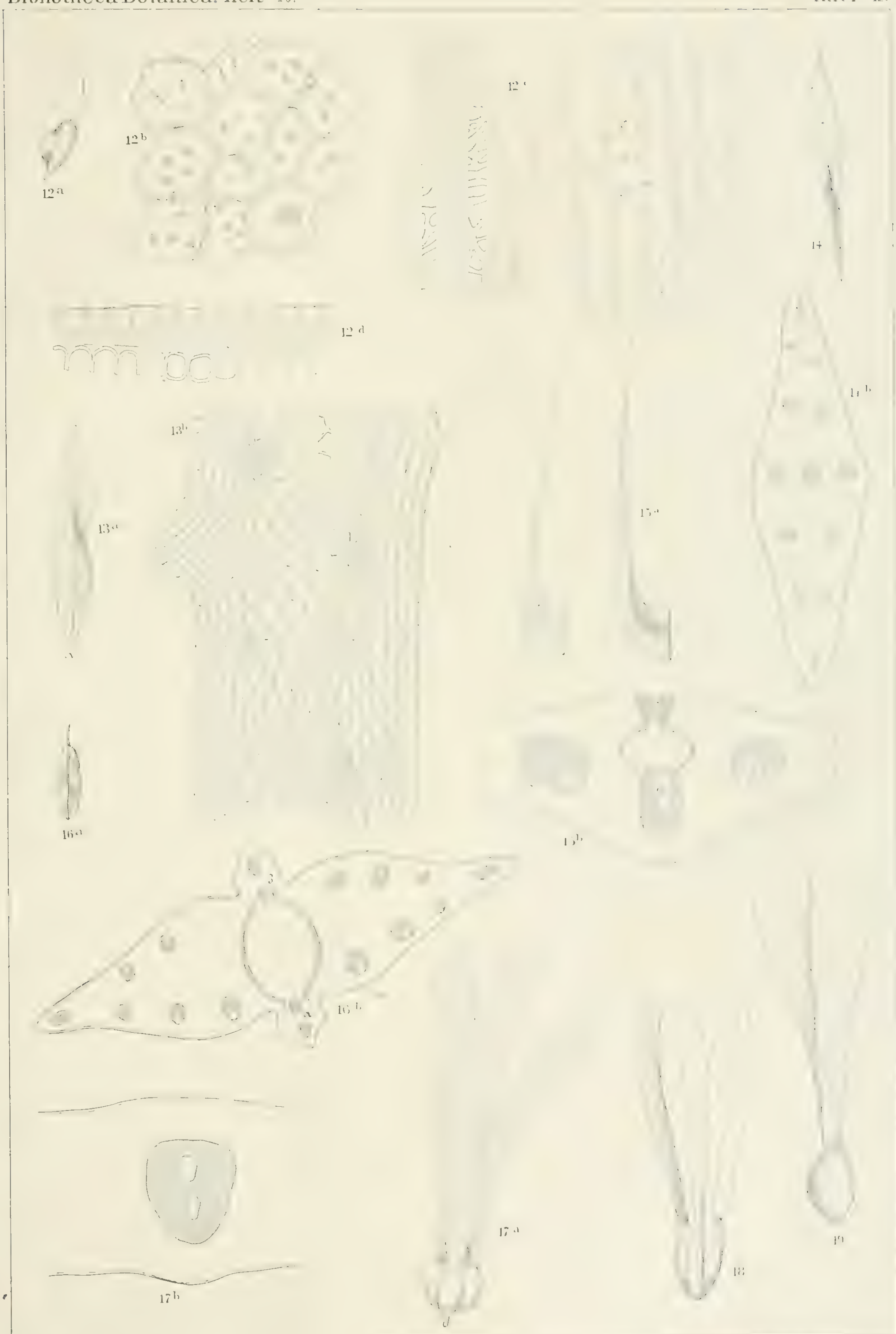


C. von Wahl ad. nat. del

Lith. v. Carl Ebner, Stuttgart.

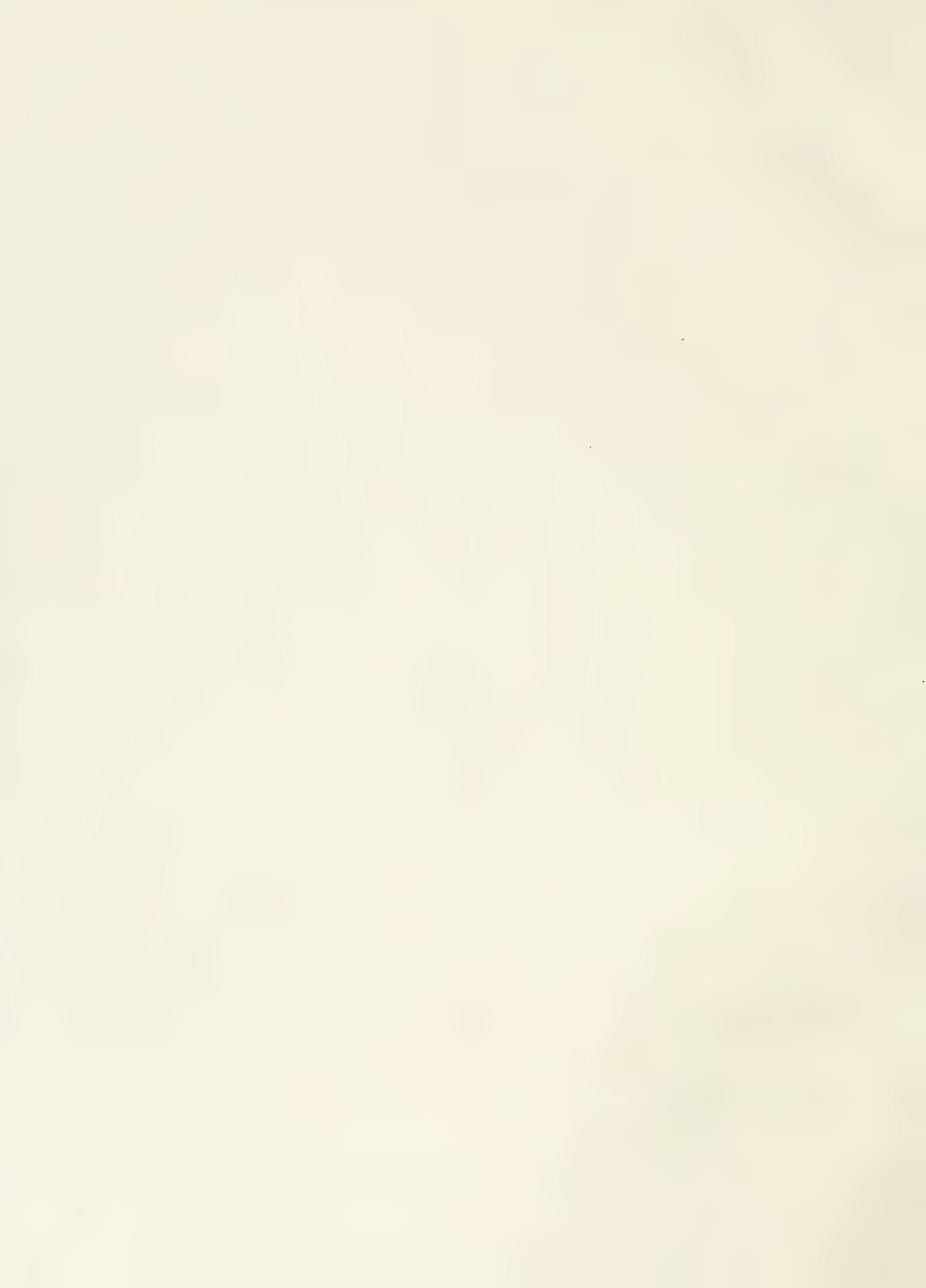
Verlag von Erwin Nagele Stuttgart





C. von Wahl ad. nat. del. Lith. v. Carl Ebner, Stuttgart.

Verlag von Erwin Nägele, Stuttgart.



21 a

21 b

22 a

23

24 a

20

22 b

24 b

25 a

25 b

24 c

26 a

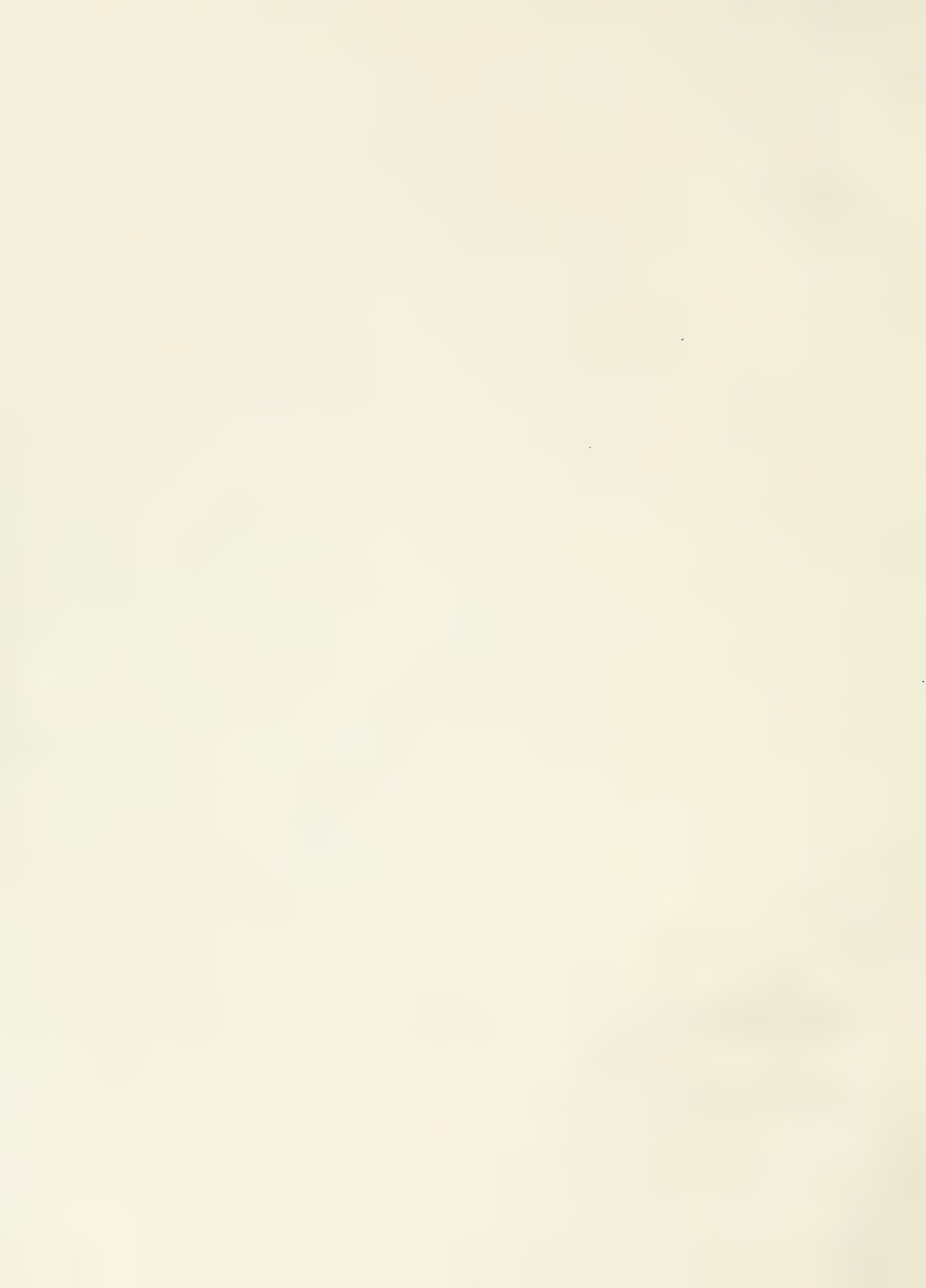
26 b

26 c

C. von Wahl ad. nat. del.

Lith. v. Carl Ebner, Stuttgart.

Verlag von Erwin Nägele, Stuttgart.



28.

29

30 a

27

30 b

30 c

30 d

31 a

31 b

32 a

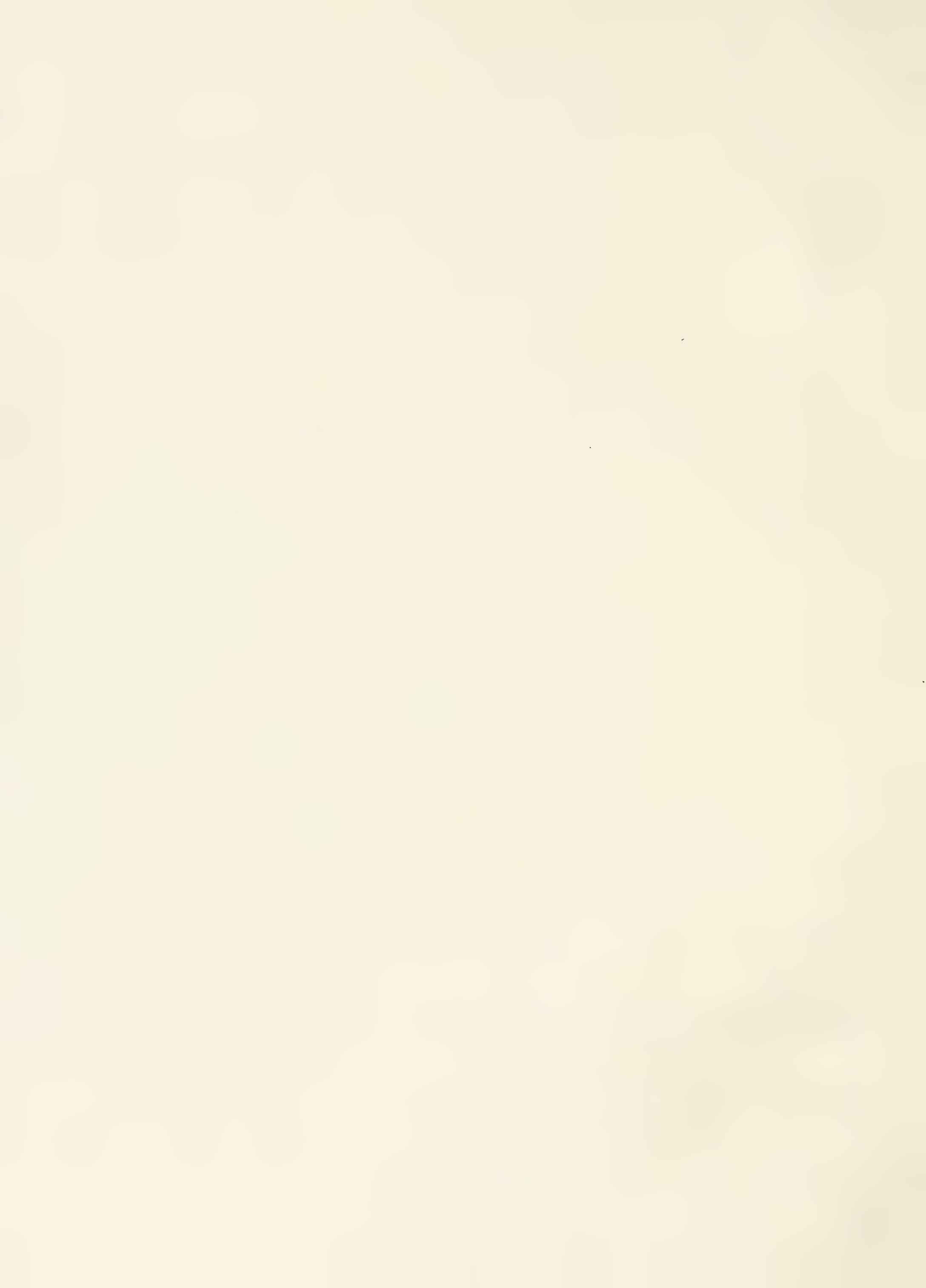
32 c

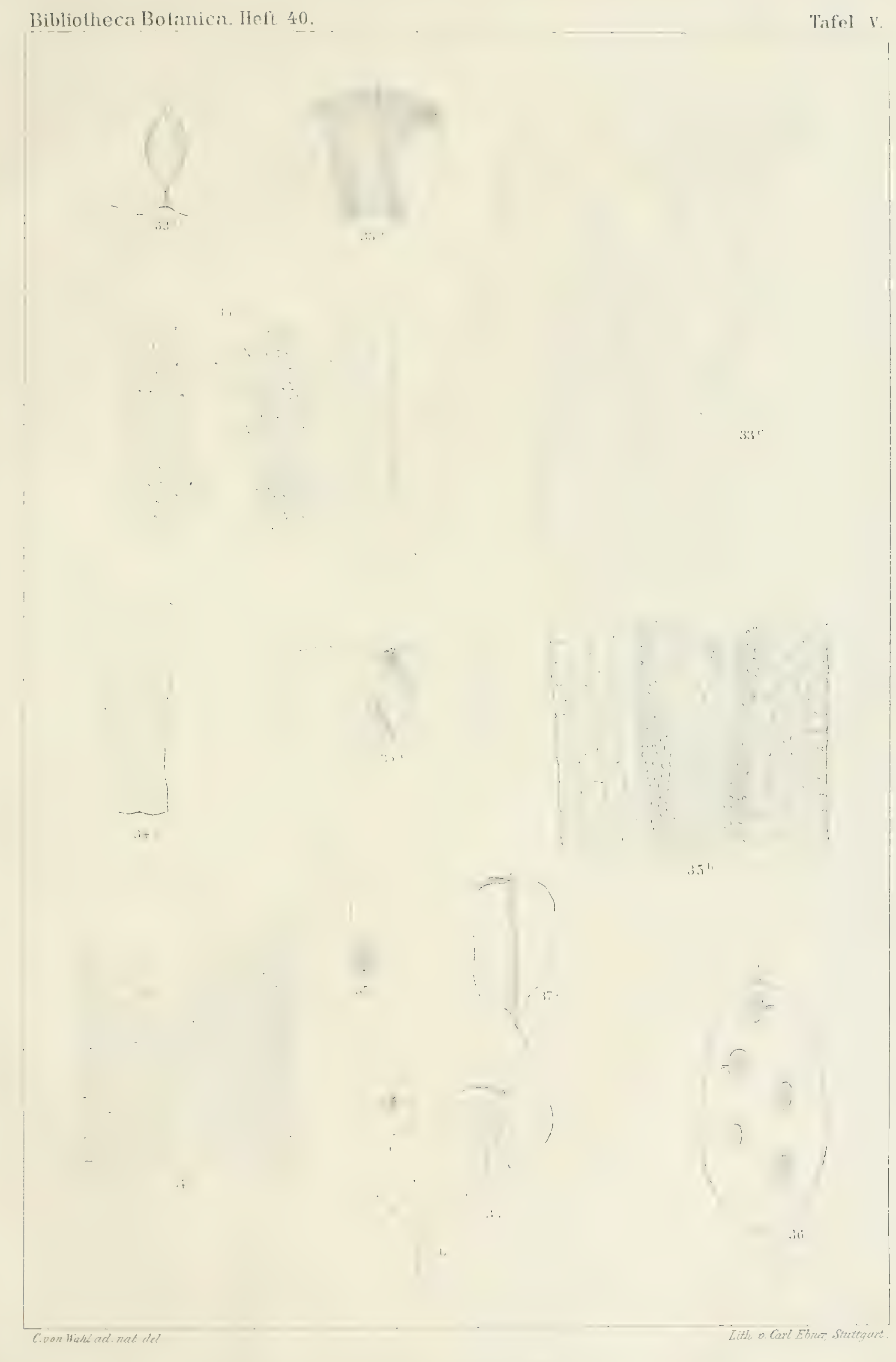
32 b

C. von Wahl ad. nat. del

Lith. v. Carl Ebner, Stuttgart.

Verlag von Erwin Nägele, Stuttgart.





C. von Wahl ad. nat. del. Lith. v. Carl Ebner, Stuttgart.

Verlag von Erwin Nagele, Stuttgart.



